



TUGAS AKHIR - ME 141501

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN *SOLAR CELL*
PADA SISTEM DESTILASI UNTUK *SUPPLY FRESH WATER*
PADA KAPAL PERINTIS 2000 GT**

**MUHAMMAD SOFYAN SETIAWAN
NRP 4215 105 004**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME 141501

**TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALYSIS OF USE SOLAR
CELL ON DISTILLATION SYSTEM FOR SUPPLY FRESH WATER
ON PERINTIS 2000 GT**

**MUHAMMAD SOFYAN SETIAWAN
NRP 4215 105 004**

**Supervisor :
Ir. Agoes Santoso, M.SC., M.Phil**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Ocean Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN *SOLAR CELL* PADA
SISTEM DESTILASI UNTUK *SUPPLY FRESH WATER* PADA KAPAL
PERINTIS 2000 GT**

TUGAS AKHIR

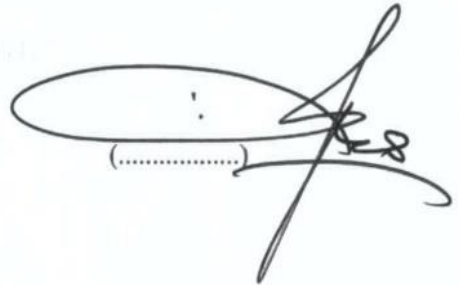
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Manufacturing and Design
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUHAMMAD SOFYAN SETIAWAN
NRP 4215 105 004

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil
NIP. 1968 0928 1991 02 1001

A handwritten signature in black ink, consisting of a large loop followed by a series of smaller strokes, ending in a long horizontal line.

SURABAYA, JULI 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN *SOLAR CELL* PADA SISTEM DESTILASI UNTUK *SUPPLY FRESH WATER* PADA KAPAL PERINTIS 2000 GT

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Manufacturing and Design
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUHAMMAD SOFYAN SETIAWAN
NRP 4215 105 004

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

NIP. 1997 0802 2008 01 1007

Surabaya, Juli 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN SOLAR CELL PADA SISTEM DESTILASI UNTUK *SUPPLY FRESH WATER* PADA KAPAL PERINTIS 2000 GT

Nama : Muhammad Sofyan Setiawan
NRP : 4215 105 004
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Agoes Santoso, M.Sc.,M.Phil

Abstrak

Kapal perintis bertujuan untuk efisiensi penumpang dan barang didaerah kepulauan kecil di Indonesia bagian timur, dengan jumlah ABK 36 orang, penumpang 499 orang pasti memerlukan kebutuhan air yang besar. Salah satu solusi untuk mendapatkan air bersih yang layak minum dikapal tersebut ialah dengan menggunakan alat destilasi. Daya yang akan digunakan untuk evaporator direncanakan berasal dari solar cell yang diisikan ke baterai. Sistem alat destilasi ini menggunakan sistem batch dimana air laut yang digunakan tidak kontinyu, melainkan satu kali proses. Evaporator memiliki diameter 1000 mm x 1700 mm dan kapasitas 1 kali evaporasi sebesar 315.45 kg. Luasan top deck kapal yang dapat dipasang solar cell berdasarkan hasil boundary adalah 209.98 m². Akan tetapi, solar cell yang dapat terpasang 70 unit dan dirangkai secara parallel. Nilai ekonomis pemanfaatan air laut menjadi air tawar yang diterapkan pada kapal perintis 2000 GT kurang menguntungkan karena biaya investasi awal Rp 401,625,000.00 tidak kembali selama penggunaan alat destilasi selama 10 tahun. Akan tetapi jika krisis air bersih yang sering terjadi misalnya di Ambon maka sistem ini akan membantu selama dikapal perintis.

Kata Kunci : destilasi, evaporasi, solar cell

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALYSIS OF USE SOLAR CELL ON DISTILLATION SYSTEM FOR SUPPLY FRESH WATER ON PERINTIS 2000 GT

Name : Muhammad Sofyan Setiawan
NRP : 4215 105 004
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor : Ir. Agoes Santoso, M.Sc.,M.Phil

Abstract

Perintis vessel has a purpose for the efficiency of passengers and cargos in small islands in eastern Indonesia, with 36 crew members, 499 passengers in need of large water needs. One solution for obtaining clean drinkable water on the vessel is to use a distillation apparatus. The power to be used for the evaporator is planned to come from the solar cell that is loaded into the battery. This distillation device system uses a batch system where the sea water used is not continuous, but a one work process. The evaporator has a diameter of 1000 mm x 1700 mm and a one work evaporation capacity of 315.45 kg. The top deck area of the ship that can be fitted with solar cells based on boundary results is 209.98 m². However, solar cells that can be installed is 70 units and assembled in parallel. The economical value of sea water utilization into fresh water applied to the 2000 GT pioneer vessel is less favorable because the initial investment cost of Rp 401,625,000.00 does not return during the use of distillation apparatus for 10 years. However, if the clean water crisis that often occurs for example in Ambon then this system will help during perintis vessel.

Keywords: distillation, evaporation, solar cell

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur saya ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa saya ucapkan ke junjungan Nabi besar Muhammad Rasulullah SAW.

Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- Kepada Tuhan yang maha esa yang selalu memberikan kesehatan serta kemudahan untuk saya.
- Ayah Waluyo, Ibu Siti Trinoviriani, Orang tua saya yang selalu mendukung dan berdoa terbaik untuk saya.
- Bpk. DR. Eng. M. Badrus Zaman, ST.,MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
- Bpk. Adi Kurniawan, S.T.,M.T. selaku Dosen wali.
- Bpk. Ir. Agoes Santoso, M.Sc.,M.Phil selaku Dosen Pembimbing
- Teman seperjuangan Lintas Jalur Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2015 semester ganjil.
- Nur Anggita yang selalu membantu menyelesaikan tugas akhir ini dan memberikan dukungan kepada saya.
- Teguh, Lintang, Bobby, Popon yang selalu meberikan tumpangan kost dan wifi gratis untuk saya.
- Teman – Teman Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya DC 2012
- Serta seluruh orang yang mendukung terselesaikannya tugas akhir ini.

Semoga dengan selesainya Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan serta ilmu yang bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Akhir kata terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2017

Penyusun.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penulisan	2
1.5 Manfaat Penulisan	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Literatur Review	3
2.2 Nilai Strategis Perairan Kawasan Timur Indonesia	3
2.3 Salinitas dan Desalinasi	4
2.4 Destilasi Air Laut.....	5
2.5 Evaporator.....	6
2.6 Kalor dan Perubahan Wujud	9
2.7 Sistem Tenaga Surya	12
2.7.1 Energi Surya	12
2.7.2 Solar Cell	13
2.8 Komponen Pendukung Sistem Tenaga Surya	15
2.8.1 Panel Surya	15
2.8.2 Charger Controller	16
2.8.3 Baterai Penyimpanan	17
2.9 Perhitungan Teknis	18
2.9.1 Perhitungan Daya Listrik	18
2.9.2 Perhitungan Luasan Panel.....	19
2.9.3 Perhitungan Teknis Panel Surya	19
2.9.4 Menghitung Fill Factor	20
2.9.5 Menghitung PV Area	21
2.9.6 Menghitung Watt Peak	19
2.9.7 Menghitung Daya yang Dihasilkan	21
2.10 Analisa Biaya.....	21
2.10.1 Metode Payback.....	22
2.10.2 Metode Net Preset Value (NPV).....	22
2.10.3 Metode Internal Rate of Return	23
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	27
3.2 Studi Literatur	27

3.3 Pengumpulan Data	27
3.4 Modeling Sistem Destilasi dan Luasan Cell yang Tersedia	27
3.5 Perhitungan Daya Solar Cell yang Dihasilkan	27
3.6 Analisa Kebutuhan Fresh Water	27
3.7 Analisa Perhitungan	28
3.7 Keimpulan dan Saran	28
BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Desain Model Evaporator	29
4.2 Perhitungan Daya Evaporator	33
4.3 Perancangan Sistem Solar Cell	34
4.4 Perhitungan Luasan Panel	35
4.4.1 Perhitungan Fill Factor	37
4.4.2 Perhitungan PV Area	38
4.4.3 Perhitungan Watt Peak	39
4.5 Perhitungan Daya yang Dihasilkan Panel Solar Cell	39
4.6 Perhitungan Charger Controller	40
4.7 Perhitungan Kebutuhan Baterai	41
4.8 Analsa Perhitungan Fresh Water yang Dihasilkan.....	42
4.9 Analisa Ekonomis	47
4.9.1 Perhitungan Ekonomis	47
4.9.2 Perbandingan Perhitungan Menggunakan Auxiliary Engine hitungan Ekonomis	48
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kawasan Timur Indonesia (KTI)	3
Tabel 2.2 Salinitas Garam Berdasarkan presentase Garam Terlarut.....	5
Tabel 2.3 Kalor Jenis Berbagai Zat.....	10
Tabel 4.1 Spesifikasi Pompa Vakum	32
Tabel 4.2 Daya Evaporator	33
Tabel 4.3 Spesifikasi Solar Cell.....	36
Tabel 4.4 Spesifikasi Baterai	41
Tabel 4.5 Perhitungan Komponen Aliran Feed (F).....	44
Tabel 4.6 Perhitungan Kapasitas Panas Komponen dan Aliran Feed.....	44
Tabel 4.7 Perhitungan Komponen Aliran Distilat (D).....	44
Tabel 4.8 Perhitungan Komponen Aliran Bottom (B).....	44
Tabel 4.9 Fresh Water yang Dihasilkan.....	46
Tabel 4.10 Biaya Investasi Awal	47
Tabel 4.11 Biaya Tetap Tahunan	47

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Kapal Perintis 2000 GT.....	2
Gambar 2.1 Prototipe Destilator Tenaga Surya	5
Gambar 2.2 Evaporator	7
Gambar 2.3 Prinsip Kerja Pompa Vakum.....	8
Gambar 2.4 Grafik Perubahan Wujud Es Menjadi Gas	9
Gambar 2.5 Coil Heater	11
Gambar 2.6 Heater Silica dan Infra Fara	11
Gambar 2.7 Tubular Model Standar.....	12
Gambar 2.8 Skema Kerja Solar Cell	13
Gambar 2.9 Pengaruh Intensitas Radiasi Terhadap Panel Surya	15
Gambar 2.10 Monokristal	16
Gambar 2.11 Polikristal	16
Gambar 2.12 Charger Controller	17
Gambar 2.13 Baterai	17
Gambar 3.1 Flow hart ALur Pengerjaan Tugas Akhir	26
Gambar 4.1 Desain Evaporator	30
Gambar 4.2 Desain 3D Evaporator	31
Gambar 4.3 Penempatan Evaporator	31
Gambar 4.4 Pompa Vakum SHB-IIIG	32
Gambar 4.5 Skema Sistem Solar Cell	35
Gambar 4.6 Luasan Top Deck yang akan digunakan	35
Gambar 4.7 Perencanaan Panel Solar Cell	37
Gambar 4.8 Charger Controller T80 Turbocharger	40
Gambar 4.9 Valve regulated ead acid battery	42

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

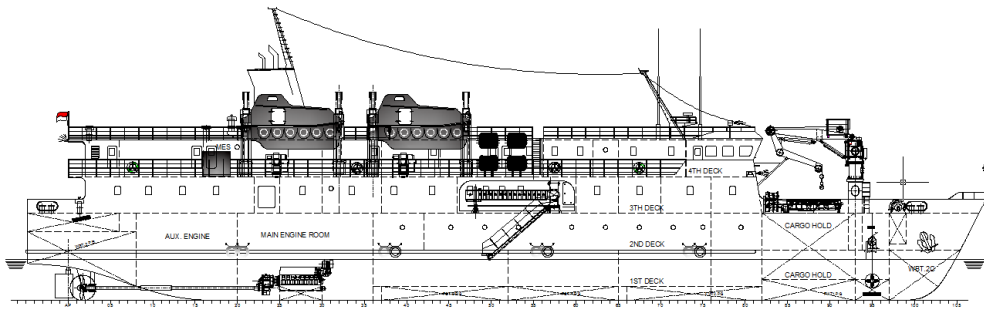
Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari pulau-pulau yang jumlahnya berkisar 6000 pulau dan memiliki wilayah laut yang lebih besar dibandingkan dengan jumlah daratan. Dengan jumlah pulau yang banyak, maka alat transportasi kapal sangat dibutuhkan untuk menghubungkan antar pulau tersebut.

Pada saat ini sering kita mendengar kapal perintis, kapal tersebut bertujuan untuk efisiensi penumpang dan barang didaerah non bisnis seperti kepulauan kecil di Indonesia bagian timur. Pada dasarnya kapal perintis hanya membawa penumpang saja sedangkan kebutuhan bahan pokok penduduk yang menjadi tujuan utama dipasok menggunakan kapal cargo. Oleh sebab itu pemerintah membuat kebijakan untuk mengkombinasi keduanya

Kapal perintis kapasitas 2000 GT yang akan melayani rute Ambon – Moa – Lakor – Luang – Sermata – Tapa – Saumlaki – Tual (PP) dengan pelayaran 7 hari (Berita Maluku; 2014), dengan jumlah ABK 36 orang, penumpang 499 orang pasti memerlukan kebutuhan *fresh water* yang besar. Total volume tangki *fresh water* yang tersedia 221.84 m³ sedangkan kebutuhan *fresh water* selama pelayaran 300.85 m³. Selain itu jumlah penumpang meningkat pada saat saat tertentu seperti menjelang hari raya dan kebutuhan air tawar tidak bisa fix diakibatkan penggunaan air yang berbeda setiap penumpang. Untuk memenuhinya perlu tambahan pasokan *fresh water* dari *water bunker* akan tetapi didaerah pulau pulau kecil jarang ditemukan.

Salah satu solusi untuk mendapatkan air bersih yang layak minum dikapal tersebut ialah dengan menggunakan alat destilasi. Alat destilasi merupakan alat pemisahan yang didasari atas perbedaan titik didih dari masing-masing zat penyusunnya. Air laut dimasukkan ke evaporator hingga mencapai titik didih dan uapnya dikumpulkan pada tangki *fresh water*.

Power (daya) dapat berasal dari mesin bantu (*auxiliary engine*) akan tetapi jika terjadi *black out*, system destilasi tersebut tidak dapat berfungsi. Maka daya yang akan digunakan untuk *evaporator* berasal dari solar cell yang diisikan ke baterai. Panas matahari lebih mudah didapat dan lebih murah karena terdapat bebas di alam dibandingkan dengan sumber panas yang lainnya. Oleh karena itu perlu perhitungan secara ekonomis jika sistem destilasi ini diterapkan dikapal kapal perintis 2000 GT apakah menguntungkan atau tidak. Gambar 1.1 merupakan kapal perintis yang akan digunakan untuk kajian tugas akhir yang memiliki panjang (LPP) 63 meter



Gambar 1.1 Kapal Perintis 2000 GT

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di yang telah disampaikan sebelumnya, maka didapat beberapa perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan desain sistem destilasi air laut yang akan diterapkan pada kapal perintis 2000 GT?
2. Berapa kebutuhan *solar cell* yang digunakan untuk *evaporator*?
3. Berapa ekonomis sistem destilasi ini diterapkan di kapal perintis 2000 GT?

1.3 Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan pembahasan pada Tugas Akhir ini, maka diperlukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Tidak membahas stabilitas setelah diberikan sistem destilasi.
2. Hanya menggunakan *solar cell* sebagai sumber *evaporator*.
3. Kapal yang dijadikan kajian adalah perintis 2000 GT
4. Tidak membahas hasil kualitas air tawar

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan ini adalah :

1. Menghasilkan suatu desain sistem destilasi air laut pada kapal perintis 2000 GT
2. Mengetahui jumlah kebutuhan *solar cell* yang akan digunakan *evaporator*.
3. Mengetahui nilai ekonomis sistem destilasi ini diterapkan di kapal perintis 2000 GT

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memanfaatkan air laut untuk diubah menjadi air tawar sehingga memenuhi kebutuhan air tawar yang selama ini mengambil dari water bunker.
2. Sebagai referensi untuk mendesain sistem destilasi air laut yang ada dikapal

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Literatur Review

“Alat destilasi air laut ini baik digunakan dalam proses perolehan air bersih oleh masyarakat di daerah kepulauan. Proses pemanasan air laut memakan waktu ± 14 menit sebelum terjadinya penguapan sehingga membuat proses penguapan menjadi kurang efisien. Air yang di hasilkan bisa langsung dikonsumsi karena telah melewati proses pemanasan hingga 110°C yang mematikan bakteri kuman dan senyawa biologis lainnya. Juga dengan adanya proses destilasi, tingkat salinitas dan kadar pH air sudah sesuai dengan standar air siap minum yang sehat” (Lumenta dkk; 2013:10).

“Proses pembuatan alat destilasi air laut ini tidak memakan anggaran yang besar, sehingga masih terjangkau untuk kalangan masyarakat. Penurunan suhu ruang sangat mempengaruhi proses destilasi, karena jika suhu ruangan terlalu dingin, proses destilasi akan berjalan lebih lama. Berbanding terbalik dengan keadaan saat naiknya suhu ruang, maka proses destilasi akan berlangsung lebih cepat” (Lumenta dkk; 2013:10).

2.2 Nilai Strategis Perairan Kawasan Timur Indonesia

Potensi sumber daya laut Indonesia tergolong sangat melimpah. Namun demikian potensi tersebut belum mampu memberikan kesejahteraan yang memadai bagi seluruh masyarakat nelayan sebagai pelaku utama dalam pemanfaatan sumber daya hayati laut. Dalam konteks pemanfaatan untuk tujuan pembangunan nasional terdapat tiga wilayah perairan laut di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara baik, yaitu perairan ZEEL, Perairan Kawasan Timur Indonesia dan wilayah laut perbatasan (Dahuri, 2006). Berbeda halnya dengan Kawasan Barat Indonesia (KBI), Kawasan Timur Indonesia (KTI) didominasi oleh laut. Luas laut menurut kawasan dan potensi peruntukannya seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1. Dari data tersebut menunjukkan bahwa KTI didominasi oleh wilayah laut

Tabel 2.1 Kawasan Timur Indonesia (KTI) Dominan Laut (Dahuri, 2002)

No	Kawasan	Luas (km²)
1.	Laut Arafura	143.500
2.	Selat Makassar, Laut Sulawesi	594.000
3.	Laut Flores	100.000
4.	Laut Banda	100.000
5.	Maluku dan Irian	900.000

Ironinya ditengah kepungan air laut itu ternyata masih ada beberapa tempat yang mengalami kekurangan air, terutama mengenai ketersediaan air bersih. Akibatnya, ditempat seperti itu air menjadi barang eksklusif. Masyarakatnya harus membeli untuk mendapatkan air bersih. Ironi inilah yang menimpa masyarakat Kawasan Timur Indonesia dimana air bersih menjadi barang langka dan eksklusif. Selama ini, untuk memperoleh air bersih tersebut kita harus menampung air hujan atau untuk air membelinya dari luar pulau. Tapi semua itu tidak dapat memenuhi kebutuhan

masyarakat yang 65% adalah petani. Sehingga diperlukan suatu cara untuk pengolahan air laut untuk dijadikan air minum atau biasa disebut dengan desalinasi.

Suhu air laut merupakan parameter yang sering diukur mengingat kegunaannya dalam mempelajari proses fisika, kimia dan biologi laut. Selain itu juga suhu dimanfaatkan dalam mempelajari transportasi dan polutan yang masuk ke lingkungan laut. Suhu air laut berkisar -2 hingga 40 derajat Celcius mulai dari suhu air laut di daerah kutub sampai air laut di daerah tropis (perairan dangkal). Suhu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti radiasi matahari, posisi matahari, letak geografis, musim, kondisi awan, proses interaksi air dan udara, penguapan dan hembusan angin.

Pada musim timur yaitu dari bulan Juni sampai dengan Agustus sebaran suhu permukaan Laut Banda berada pada kisaran 24°C sampai dengan 30°C, suhu terendah berada pada bulan Agustus dengan kisaran suhu khususnya pada wilayah perairan bagian Selatan adalah berada pada kisaran 24°C – 27°C

2.3 Salinitas dan Desalinasi

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam sebenarnya pada air ini, secara definisi, kurang dari 0,05%. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi saline bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5%, ia disebut brine. Faktor – faktor yang mempengaruhi salinitas adalah:

1. Penguapan, makin besar tingkat penguapan air laut di suatu wilayah, maka salinitasnya tinggi dan sebaliknya pada daerah yang rendah tingkat penguapan air lautnya, maka daerah itu rendah kadar garamnya.
2. Curah hujan, makin besar atau banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah dan sebaliknya makin sedikit atau kecil curah hujan yang turun salinitas akan tinggi.
3. Banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut tersebut akan rendah, dan sebaliknya makin sedikit sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitasnya akan tinggi.

Zat terlarut meliputi garam-garam anorganik, senyawa-senyawa organik yang berasal dari organisme hidup, dan gas-gas yang terlarut. Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55,04%), natrium (30,61%), sulfat (7,68%), magnesium (3,69%), kalsium (1,16%), kalium (1,10%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida. Tiga sumber utama dari garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (*hydrothermal vents*) di laut dalam.

Keberadaan garam-garaman mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperatur dimana densitas menjadi maksimum) beberapa tingkat, tetapi tidak menentukannya. Beberapa sifat (viskositas, daya serap cahaya) tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas. Tabel salinitas air berdasarkan garam terlarut dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Salinitas Garam Berdasarkan Presentase Garam Terlarut

Salinitas garam berdasarkan presentase garam terlarut			
Air tawar	Air payau	Air saline	Brine
< 0,05 %	0,05 – 3 %	3-5%	>5%

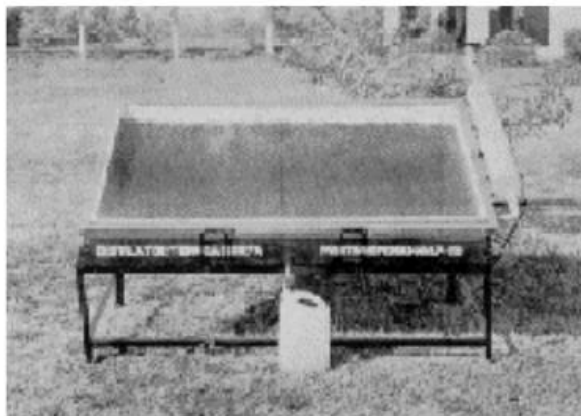
Desalinasi adalah proses yang menghilangkan kadar garam berlebih dalam air untuk mendapatkan air yang dapat di konsumsi binatang tanaman dan manusia. Salah satu metode yang paling banyak di gunakan dalam proses desalinasi adalah Destilasi.

2.4 Destilasi Air Laut

Destilasi merupakan istilah lain dari penyulingan, yaitu proses pemanasan suatu bahan pada berbagai temperatur, tanpa kontak dengan udara luar untuk memperoleh hasil tertentu. Penyulingan adalah perubahan bahan dari bentuk cair ke bentuk gas melalui proses pemanasan cairan tersebut, dan kemudian mendinginkan gas hasil pemanasan, untuk selanjutnya mengumpulkan tetesan cairan yang mengembun (Cammack, 2006).

Salvato (1972) mengemukakan bahwa destilasi sangat berguna untuk konversi air laut menjadi air tawar. Konversi air laut menjadi air tawar dapat dilakukan dengan teknik destilasi panas buatan, destilasi tenaga surya, elektrodialisis, osmosis, gas hydration, *freezing*, dan lain-lain. Homig (1978) menyatakan bahwa untuk pembuatan instalasi destilator yang terpenting adalah harus tidak korosif, murah, praktis dan awet.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman telah mengembangkan destilator tenaga surya atap kaca sebagai teknologi terapan untuk penyulingan air laut. Alat ini cocok untuk daerah pantai dan daerah sulit air. Data teknis dan spesifikasi alat yang dikembangkan adalah terdiri pengumpul kalor, kaca penutup kanal kondensat, kotak kayu dan sistem isolasi. Kimpraswil (2004), mengklaim bahwa dengan destilator tenaga surya bisa dihasilkan air tawar 6-8 liter/hari, sedangkan Marsum (2004) menemukan bahwa destilator tenaga surya dengan dimensi ruang pemanas 94 cm x 48 cm, mampu menghasilkan air tawar sebanyak 1,34 – 2,95 l/hari atau rata-rata 1,88l/hari.



Gambar 2.1 Prototipe destilator tenaga surya (Kimpraswil, 2004)

Meinawati (2010) menyatakan bahwa suatu alat desalinator air laut tipe evaporasi dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 100 cm mampu menghasilkan 93 ml air tawar per hari. Hasil tersebut diperoleh ketika radiasi yang dipancarkan matahari mencapai $398 \text{ cal/cm}^2/\text{hari}$. Radiasi surya yang menimpa desalinator mempengaruhi total volume destilat yang dihasilkan. Semakin tinggi radiasi surya yang dapat diserap oleh air laut menyebabkan suhu air laut semakin tinggi. Jika suhu air laut semakin tinggi maka pergerakan molekul di dalamnya semakin cepat dan terjadi tumbukan antar molekul, sehingga akan semakin mempercepat proses perpindahan massa dari cairan ke gas (penguapan).

2.5 Evaporator

Evaporator merupakan suatu alat yang memiliki fungsi untuk mengubah keseluruhan atau sebagian suatu pelarut dari sebuah larutan berbentuk cair menjadi uap sehingga hanya menyisakan larutan yang lebih padat atau kental, proses yang terjadi di dalam evaporator disebut dengan evaporasi.

Evaporator memiliki dua prinsip dasar yaitu untuk menukar panas dan untuk memisahkan uap air yang terlarut dalam cairan. Pada umumnya evaporator terdiri dari tiga bagian yaitu:

- Tempat penukar panas
- Bagian evaporasi (tempat dimana liquid mendidih lalu menguap)
- Bagian pemisah untuk memisahkan uap dari cairan

Prinsip kerja dari evaporator ialah dengan menambahkan kalor atau panas yang bertujuan untuk memekatkan suatu larutan yang terdiri dari zat pelarut yang memiliki titik didih yang rendah dengan pelarut yang memiliki titik didih yang tinggi sehingga pelarut yang memiliki titik didih yang rendah akan menguap dan hanya menyisakan larutan yang lebih pekat dan memiliki konsentrasi yang tinggi. Proses evaporasi memiliki ketentuan, yaitu:

1. Pemekatan larutan didasarkan pada perbedaan titik didih antar zat-zatnya.
2. Titik didih cairan dipengaruhi oleh tekanan.
3. Dijalankan pada suhu yang lebih rendah dari titik didih normal.
4. Titik didih cairan yang mengandung zat yang tidak menguap akan tergantung tekanan dan kadar zat tersebut. Beda titik didih larutan dengan titik didih cairan murni disebut kenaikan titik didih (boiling range).



Gambar 2.2 evaporator

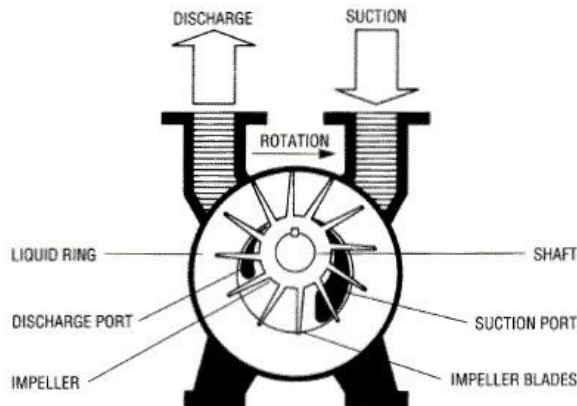
Jenis-jenis evaporator dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. *Direct Fired Evaporator*, merupakan jenis evaporator dengan cara pengapian langsung dimana api dan pembakar gas dipisahkan dari cairan mendidih dengan pembatas dinding besi atau permukaan untuk memanaskan.
2. *Submerged Combustion Evaporator*, yaitu evaporator yang dipanaskan oleh api yang menyala dibawah permukaan cairan, dimana gas yang panas bergelembung melewati cairan.
3. *Steam Heated Evaporator*, adalah evaporator yang menggunakan pemanas steam atau uap lain yang dapat dikondensasi, sumber panas dimana uap terkondensasi pada suatu sisi di permukaan pemanas dan kemudian panas ditransmisi lewat dinding ke cairan yang mendidih.

Pompa vakum adalah sebuah alat untuk mengeluarkan molekul molekul gas dari dalam sebuah ruangan tertutup untuk mencapai tekanan vakum. Pompa vakum menjadi salah satu komponen penting di beberapa industri besar seperti pabrik lampu, *vacuum coating* pada kaca, pabrik komponen-komponen elektronik, pemurnian oli, bahkan hingga alat-alat kesehatan seperti *radiotherapy*, *radiosurgery*, dan *radiopharmacy*.

Berdasarkan prinsip kerjanya, pompa vakum diklasifikasikan menjadi 3 yaitu:

1. *Positive Displacement* : menggunakan cara mekanis untuk mengekspansi sebuah volume secara terus-menerus, mengalirkan gas melalui pompa tersebut, *sealing* ruang volume sistem, dan membuang gas ke atmosfer. Prinsip dari pompa ini adalah dengan jalan mengekspansi volume ruang oleh pompa sehingga terjadi penurunan tekanan vakum parsial.



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Pompa Vakum

Sistem *sealing* mencegah gas masuk ke dalam ruang tersebut. Selanjutnya pompa melakukan gerakan buang, dan kembali mengekspansi ruang tersebut. Jika dilakukan secara siklis dan berkali-kali, maka vakum akan terbentuk di ruangan tersebut. Salah satu aplikasi pompa ini yang paling sederhana adalah pada pompa air manual. Untuk mengangkat air dari dalam tanah, dibentuk ruang vakum pada sisi keluaran air, sehingga air dapat "terhisap" naik ke atas.

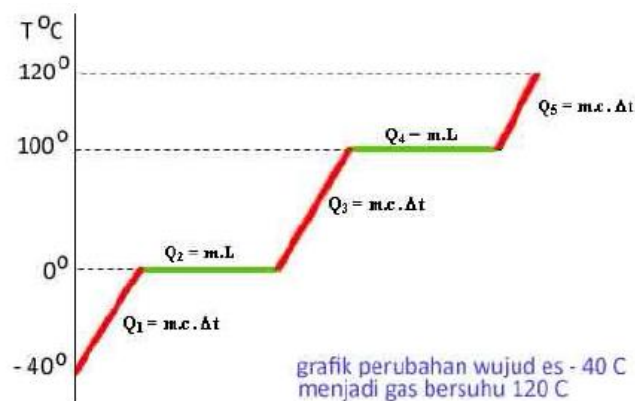
2. Pompa *Momentum Transfer* : menggunakan sistem jet fluida kecepatan tinggi, atau menggunakan sudu putar kecepatan tinggi untuk menghisap gas dari sebuah ruang tertutup. Pompa vakum dengan metode ini dapat menghasilkan tekanan vakum yang sangat tinggi. Metodenya adalah dengan jalan mengakselerasi molekul gas dari sisi tekanan rendah ke tekanan tinggi.

Sesuai dengan hukum dinamika fluida, molekul fluida yang berada pada tekanan atmosfer akan saling mendorong dengan molekul fluida tetangganya dan menciptakan aliran fluida. Namun pada saat jarak antara molekul fluida sangat jauh, maka molekul tersebut lebih cenderung berinteraksi dengan dinding ruangnya daripada dengan molekul sesamanya. Fenomena inilah yang menjadi dasar penggunaan pompa vakum *momentum transfer*. Yang mana semakin vakum tekanan di dalam ruang, akan semakin tinggi efisiensi pompa ini. Dikarenakan secara desain konstruksi pompa ini tidak menggunakan sistem *seal* antara ruang vakum pompa ruang luar, maka sangat dimungkinkan akan terjadi *stall* padanya. Untuk itu pada penggunaannya diperlukan ruangan selanjutnya yang bertekanan lebih rendah dari atmosfer dan terpasang di sisi keluaran pompa vakum ini.

3. Pompa *Entrapment* : menggunakan suatu zat padat atau zat adsorber tertentu untuk mengikat gas di dalam ruangan tertutup. Pompa jenis ini menggunakan metode-metode kimia ataupun fisik untuk mengikat fluida (gas) dengan tujuan menghasilkan tekanan vakum. Ada berbagai macam jenis pompa vakum *entrapment*, yaitu: *Cryopump*: adalah pompa vakum dengan jalan mengikat uap air atau gas di suatu ruangan menggunakan sebuah permukaan yang dingin. Pompa kimia: yang mengikat gas untuk bereaksi dan membentuk padatan. Pompa ionisasi: mengionisasi gas dengan menggunakan potensial bertegangan tinggi, sehingga gas tersebut terakselerasi menuju elektrode pengumpul.

2.6 Kalor dan Perubahan Wujud

Kalor adalah salah satu bentuk energi yang dapat berpindah dari satu benda ke benda lainnya karena adanya perbedaan suhu. Ketika dua benda yang memiliki perbedaan suhu bertemu maka kalor akan mengalir (berpindah) dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Seperti pada gambar 2.4 dibawah ini. Contohnya ketika kita mencampurkan air dingin dengan air panas, maka kita akan mendapatkan air hangat. Banyak yang tidak tahu perbedaan antara suhu dan kalor, Suhu adalah nilai yang terukur pada termometer, sedangkan kalor adalah energi yang mengalir dari satu benda ke benda lainnya.



Gambar 2.4 Grafik Perubahan Wujud Es Menjadi Gas

Satuan kalor adalah Kalori (Kal) atau Joule (J). Kalori adalah banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan 1 gram air agar suhunya menjadi 1 derajat Celcius.

$$1 \text{ Kalori} = 4,2 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ Kalori}$$

$$\text{Rumus Kalor : } Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \dots(2.1)$$

Dimana : Q = Kalor (J)
 m = Massa Benda (kg)
 c = Kalor Jenis (J/kg °C)
 ΔT = Perubahan Suhu (°C)

Tabel 2.3 Kalor Jenis Berbagai Zat

Z a t	Kalor Jenis (c)	
	Kal/g ^o C	J/kg K
Air	1,00	4200
Air laut	0,93	3900
Alkohol	0,55	230
Minyak tanah	0,52	220
Raksa	0,033	140
Es	0,595	2500
Alumunium	0,214	900
Kaca	0,16	670
Besi	0,11	460
Tembaga	0,093	390
Kuningan	0,90	380
Perak	0,056	230
Emas	0,031	130
Timbal	0,031	130

Kalor Jenis Benda adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu dari 1 kg massa benda tersebut menjadi 1 derajat celcius. Satuan dari Kalor Jenis adalah Kalori / Gram^oCelcius atau dalam Sistem Internasional ditetapkan dengan Joule / Kilogram^oCelcius. Kalor Jenis dapat dituliskan dalam persamaan berikut :

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad \text{....(2.2)}$$

Konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ketempat yang suhunya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap. Berdasarkan Hukum Fourier konduksi dirumuskan sebagai berikut:

$$q = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L} \quad \text{....(2.3)}$$

Dimana : q = laju perpindahan kalor, waktu (t)
 L = Ketebalan
 k = konduktivitas termal bahan, watt/m.^oC
 A = luasan benda
 ΔT = perubahan suhu

Konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya, dengan menggunakan media penghantar berupa fluida (cairan/gas). Berdasarkan Hukum Newton dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = h \cdot A \cdot (T_s - T_b) \quad \text{....(2.4)}$$

Dimana : Q = Laju perpindahan kalor, waktu (t)
 h = Konstanta koefisien perpindahan panas
 A = Luas permukaan perpindahan panas
 T_s = Suhu permukaan
 T_b = temperatur fluida pada suhu massal

Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Elemen pemanas merupakan alat yang berfungsi sebagai salah satu kegiatan kerja untuk mendapatkan suhu dari suhu rendah suatu zat sampai ke suhu tinggi.

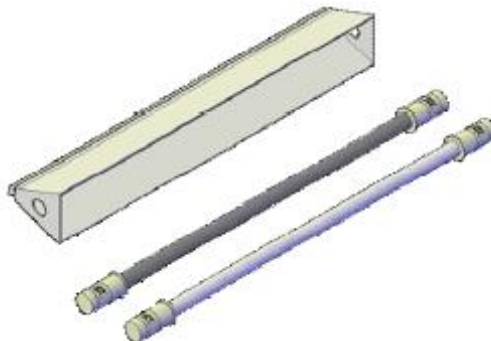
Sebagai sumber panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah kawat niklin yang digulung menyerupai bentuk spiral dan dimasukkan dalam selongsong atau pipa sebagai pelindung, kemudian dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. Bentuk dan type dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. Adapun jenis dan bentuk dari elemen pemanas adalah sebagai berikut :

- Elemen Pemanas Listrik bentuk Dasar

Yaitu elemen pemanas dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah : *Ceramik Heater*, *Infra Red Heater*, *Silica* dan *Quartz Heater*, *Bank Channel heater*, *Black Body Ceramic Heater* seperti gambar 2.5 dan gambar 2.6



Gambar 2.5 Coil Heater



Gambar 2.6 Heater Silica dan Infra Fara

- Elemen Pemanas Listrik Bentuk Lanjut

Merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuain terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : *mild stell*, *stainless stell*, tembaga dan kuningan. *Heater* yang termasuk dalam jenis dan ini adalah *tubular heater*, *catridge heater*, *Band*, *nozzle* dan *stripe heater*. Pada evaporator menggunakan heater type ini untuk evaporasi



Gambar 2.7 Tubular Model Standar

2.7 Sistem Tenaga Surya

2.7.1 Energi Surya

Energi surya adalah energi yang didapat dari proses pengubahan panas matahari melalui peralatan tertentu menjadi sumberdaya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap angina, biogas, batu bara, dan minyak bumi.

Energi surya (solar energy) merupakan enegi yang bersumber dari sinar matahari. Energi ini merupakan energi yang murah dan melimpah di daerah tropis seperti di Indonesia. Melimpahnya tenaga surya yang merata dan dapat terdapat di seluruh kepulauan di Indonesia hampir sepanjang tahun sebenarnya merupakan sumber energi yang sangat potensial. Dengan begitu Indonesia tak perlu menimbulkan rasa khawatir bahwa Indonesia akan kehabisan energi dan harus mengimpor dari negara lain.

Persediaan alamiah energi panas matahari yang sustainable telah lebih dari cukup jika dimanfaatkan secara maksimal (Hasyim, 2005). Sumber ini sebenarnya juga merupakan energi alternatif jika pada satu saat nanti krisis energi mulai melanda Indonesia.

Pemanfaatan energi surya secara langsung adalah dengan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi utama secara langsung. Pemanfaatan energi surya harus mempertimbangkan sifat sifat fisika dari sinar matahari. Lakitan (2002) mengatakan bahwa untuk mengkaji tentang aspek fisika cahaya ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya : porsi serapan cahaya (*absorbitivity*), porsi pantulan (*reflectivity*), porsi terusan (*transmisivity*), daya pancar (*emisivity*), aliran energi cahaya (*radian flux*), kerapatan aliran energi cahaya (*radiant flux density*), intensitas terpaan (*irradiance*), dan intensitas pancaran cahaya (*emmitance*).

Radiasi surya (*solar radiation*) merupakan suatu bentuk radiasi thermal yang mempunyai distribusi panjang gelombang khusus. Intensitasnya sangat bergantung dari

kondisi atmosfer, saat dalam tahun, dan sudut tampa (*angle of incidence*) sinar matahari dipermukaan bumi. Pada batas luar atmosfer, radiasi surya total ialah 1395 W/m^2 bilamana bumi berada pada jarak rata-ratanya dari matahari. Angka ini disebut konstanta surya (*solar constant*).

Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan bumi sebesar 69% dari total energi pancaran matahari, hal ini dikarenakan terdapat absorpsi yang kuat dari karbondioksida dan uap air di atmosfer. Radiasi surya yang menimpa permukaan bumi juga bergantung dari kadar debu dan zat pencemar lainnya dalam atmosfer.

2.7.2 Solar cell

Solar Cell adalah teknologi merubah cahaya matahari menjadi energy listrik dengan menggunakan *photovoltaics*. Secara umum cara penggunaan tenaga matahari ini dibagi menjadi dua yaitu aktif dan pasif. Penggunaan secara aktif yaitu menggunakan teknologi panel *photovoltaics* atau panel tenaga surya untuk mengumpulkan energi listrik. Sedangkan secara pasif yaitu dengan cara mengatur arah bangunan, dengan menggunakan material yang menyerap panas.

Photon photon tersebut, jika menimpa permukaan bahan solar sel (*absorber*), akan dipantulkan atau dilewatkan begitu saja, dan hanya foton dengan level energi tertentu yang akan membebaskan electron dari ikatan atomnya, sehingga mengalirlah arus listrik. Level energi tersebut disebut energi band-gap yang didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan electron dari ikatan kovalennya sehingga terjadilah aliran arus listrik.



Gambar 2.8 Skema Kerja Solar Cell

Muatan listrik dari panel surya akan masuk ke baterai untuk melakukan pengisian melalui charger controller yang berfungsi sebagai pengatur tegangan, jika terdapat *overload* pada saat pengisian maka baterai akan dilepaskan dari beban.

Arus yang masuk kedalam baterai adalah arus DC (*Direct Current*) atau arus searah. Untuk pemakaian peralatan listrik yang menggunakan arus AC (*Alternating Current*) atau arus bolak balik, maka dari baterai yang berarus DC akan dirubah

menjadi arus AC melalui inverter. Namun karena evaporator menggunakan heater DC maka tidak menggunakan inverter.

Pengoperasian sel surya tergantung pada beberapa factor sebagai berikut:

1. Temperatur

Sebuah panel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperature yang diterimanya tetap normal pada temperatur 25^o C. kenaikan temperature lebih tinggi dari temperatur normal akan melemahkan tegangan (Voc) yang dihasilkan. Setiap kenaikan 1^o C akan mengakibatkan berkurang sekitar 0,5% pada total daya yang dihasilkan.

Untuk menghitung besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur disekitar panel surya mengalami kenaikan ^oC dari temperatur sebelumnya, digunakan rumus sebagai berikut (I Dewa Ayu, 2011):

$$P \text{ saat } T \text{ naik } ^\circ\text{C} = \frac{0,5\%}{^\circ\text{C} \cdot \text{PMPP} \cdot \text{kenaikan temperatur}(^\circ\text{C})} \quad \text{.....(2.5)}$$

Dimana:

P saat T naik ^oC = daya pada saat temperatur naik ^oC dari
temperatur standarnya.

PMPP = daya keluaran maksimum panel surya

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi t ^oC dari temperatur standarnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (I Dewa Ayu, 2011)

$$P \text{ MPP saat naik menjadi } t^\circ\text{C} = \text{TMPP} - P \text{ saat naik menjadi } t^\circ\text{C} \quad \text{.....(2.6)}$$

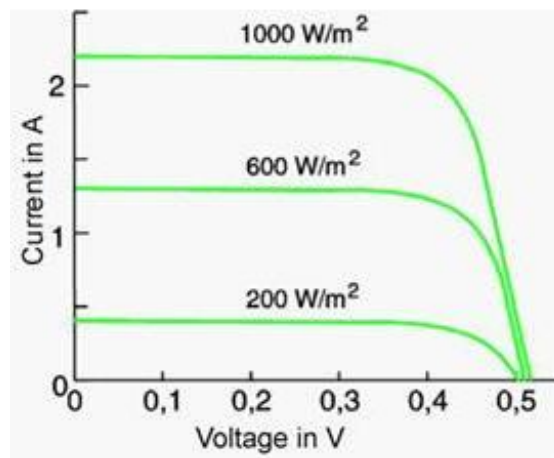
PMPP saat naik menjadi t ^oC adalah daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperatur disekitar panel surya naik menjadi t ^oC dari temperatur standarnya.

Faktor koreksi temperatur (*Temperature Correction Factor*) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$TCF = \frac{P \text{ MPP saat naik menjadi } t^\circ\text{C}}{\text{PMPP}} \quad \text{.....(2.7)}$$

2. Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya matahari akan berpengaruh pada daya keluaran panel surya. Semakin rendah intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya maka arus (Isc) akan semakin rendah. Hal ini membuat titik maksimum power berada pada titik yang semakin rendah



Gambar 2.9 Pengaruh intensitas radiasi terhadap panel surya

3. Orientasi Panel Surya

Orientasi dari rangkaian panel surya ke matahari sangat penting, supaya panel surya dapat menghasilkan energy maksimum. Misalnya, untuk lokasi yang terletak dibelahan bumi utara maka panel surya sebaiknya diorientasikan ke selatan. Begitu juga untuk lokasi yang terletak dibelahan bumi selatan maka panel surya diorientasikan ke utara

4. Sudut Kemiringan Panel Surya

Sudut kemiringan memiliki dampak yang besar terhadap radiasi matahari dipermukaan panel surya. Untuk kemiringan tetap, daya maksimum selama satu tahun akan diperoleh ketika sudut kemiringan panel surya sama dengan lintang lokasi. Misal panel surya yang terpasang di khatulistiwa (lintang = 0°) yang diletakkan medatar (tilt angel = 0°), akan menghasilkan energy maksimum.

5. Kecepatan Angin

Kecepatan angin disekitar lokasi sel surya akan sangat membantu terhadap pendinginan temperature permukaan sel surya sehingga temperatur dapat terjaga dikisaran 25°C .

6. Keadaan Atmosfer Bumi

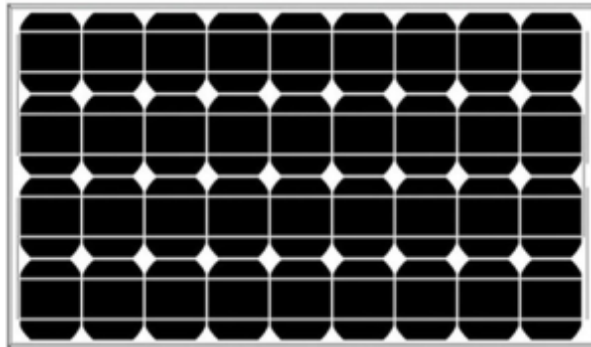
Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara, kabut dan polusi sangat mentukan hasil maksimum arus listrik dari sel surya.

2.8 Komponen Pendukung Sistem Tenaga Surya

2.8.1 Panel Surya

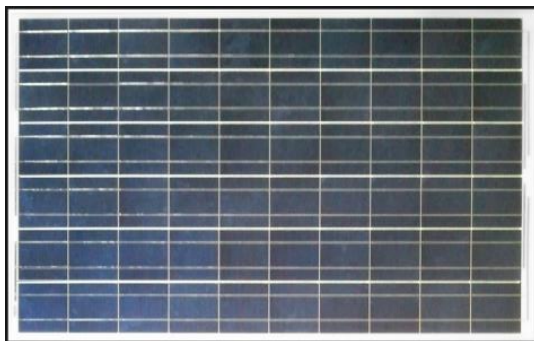
Panel surya merupakan komponen yang berfungsi mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel ini tersusun dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri maupun paralel. Sebuah panel surya umumnya terdiri dari 32 - 40 sel surya, tergantung ukuran panel.

Panel surya dibedakan menjadi 2 yaitu, monokristal (*mono-crystalline*) dan polikristal (*poly-crystalline*). Monokristal merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai 15%, kekurangan panel jenis ini tidak berfungsi baik ditempat cahaya matahari kurang sehingga efisiensi akan turun drastis.



Gambar 2.10 monokristal (*mono-crystalline*)

Polikristal (*poly-crystalline*) merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena difabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luasan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel jenis ini memiliki efisiensi yang rendah, akan tetapi menghasilkan listrik pada saat mendung.



Gambar 2.11 polikristal (*poly-crystalline*).

2.8.2 *Charger Controller*

Charger controller merupakan perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur pengisian arus searah dari panel surya ke baterai dan mengatur penyaluran arus dari baterai ke beban. *Charger controller* mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai penuh maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya akan berhenti.



Gambar 2.12 Charger controller

Cara deteksi adalah melalui monitor tegangan baterai. *Charger controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, apabila level tegangan telah mencapai level terendah, maka baterai akan diisi kembali. *Charger controller* adalah indikator yang akan memberikan informasi mengenai kondisi baterai sehingga pengguna dapat mengendalikan konsumsi energi.

2.8.3 Baterai Penyimpanan

Sebuah system penyimpanan listrik tenaga surya biasanya berbentuk jajaran baterai yang disimpan ditempat yang berventilasi aman seperti basement atau kamar khusus. Dua jenis baterai yang umum digunakan untuk penyimpanan energy surya adalah baterai timbal asam dan cadmium nikel. Baterai timbal asam merupakan yang paling umum digunakan karena biaya yang lebih rendah.



Gambar 2.13 Baterai

Pada perancangan sistem destilasi ini, jenis baterai yang akan digunakan yaitu *valve regulated lead-acid battery (VRLA battery)*. Baterai ini di Indonesia lebih dikenal dengan sebutan [Aki atau baterai kering](#) atau tertutup. Baterai jenis ini bersifat tertutup (*sealed*), sehingga penguapan yang dikeluarkan sangat kecil maka tidak

memerlukan penambahan cairan *electrolyte* selama masa pemakaian baterai tersebut. Proses pengisian pada baterai diatur oleh bagian yang disebut *Valve*.

2.9 Perhitungan Teknis

Rangkaian dari sel sel yang disusun seri dan paralel tersebut dinamakan modul. Biasanya setiap modul terdiri dari 30-40 unit atau lebih sesuai kebutuhan. Apabila tegangan, arus dan daya dari suatu modul tidak mencukupi untuk beban yang digunakan, maka modul modul tersebut dapat dirangkai seri, paralel maupun kombinasi untuk menghasilkan besar tegangan dan daya yang sesuai kebutuhan

Daya yang dihasilkan oleh panel surya maksimum diukur dengan besaran wattpeak (wp), yang konversinya terhadap watt hour (wh) tergantung intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan panel. Selanjutnya daya yang dikeluarkan oleh panel adalah daya panel dikalikan lamanya penyinaran.

Untuk memperoleh besar tegangan dan daya yang sesuai dengan kebutuhan, sel sel *photovoltaics* tersebut harus dikombinasikan secara seri dan paralel, dengan aturan sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh tegangan keluaran yang dua kali lebih besar dari tegangan sel *photovoltaics*, maka antar sel *photovoltaics* harus dirangkai secara seri.
2. Untuk memperoleh arus keluaran yang dua kali lebih besar dari tegangan sel *photovoltaics*, maka antar sel *photovoltaics* harus dirangkai secara paralel.
3. Untuk memperoleh daya keluaran yang dua kali lebih besar dari tegangan sel *photovoltaics*, maka dua buah sel *photovoltaics* harus dirangkai secara seri dan paralel.

Listrik adalah kebutuhan pokok dalam kehidupan kita, termasuk dalam pengoperasian di kapal. Sistem kelistrikan dikapal memegang peranan yang sangat penting. Karena tidak hanya penerangan yang menggunakan listrik tetapi peralatan navigasi dan peralatan yang lain juga membutuhkan sumber listrik.

Dalam sistem destilasi ini daya listrik berasal dari baterai yang diisi ulang menggunakan tenaga *solar cell*. Daya baterai harus mampu mencukupi kebutuhan daya listrik dari evaporator selama beroperasi. Heater evaporator menggunakan DC maka tidak memerlukan inverter untuk merubah arus

2.9.1 Perhitungan Daya Listrik

Perhitungan daya listrik dapat dilakukan dengan pendekatan sebagai berikut (Sarwito, 1998):

$$P = V \cdot I \quad \text{.....(2.8)}$$

Dimana : P = Daya listrik (watt)
V = Tegangan listrik (Volt)
I = Arus listrik (Ampere)

Maka dapat ditentukan daya listrik untuk kebutuhan heater evaporator selama evaporasi. Perumusan daya listrik digunakan untuk menghitung besarnya daya untuk beberapa kali evaporasi, perumusannya dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{\text{baterai}} = P_{\text{total}} \cdot T \quad \text{.....(2.9)}$$

Dimana : P_{baterai} = Daya yang dibutuhkan (watt hour)
 P_{total} = Daya Evaporator (watt)
 T = Waktu penggunaan evaporator (Hour)

Dari perhitungan tersebut pemilihan baterai disesuaikan dengan spesifikasi yang ada dipasaran dengan melihat daya maksimal yang dihisilkan baterai untuk mencukupi kebutuhan baterai. Dengan demikian dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Sarwito, 1998):

$$AH_{\text{kebutuhan}} = \frac{P_{\text{baterai}}}{V_s} \quad \dots(2.10)$$

Dimana : $AH_{\text{kebutuhan}}$ = Daya yang dibutuhkan baterai (AH)
 P_{baterai} = Daya yang dibutuhkan (watt hour)
 V_s = Tegangan Listrik Baterai (Volt)

Perhitungan tersebut akan digunakan untuk menghitung jumlah baterai yang akan digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan evaporator dengan tenaga surya. Untuk pemilihan baterai menggunakan spesifikasi sesuai dengan spesifikasi yang sudah dirancang oleh produsen baterai dan jumlah baterai yang dibutuhkan dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut (Sarwito, 1998):

$$n_{\text{kebutuhan}} = \frac{AH_{\text{kebutuhan}}}{AH_{\text{Baterai}}} \quad \dots(2.11)$$

Dimana $n_{\text{kebutuhan}}$ = Jumlah baterai yang dibutuhkan
 $AH_{\text{kebutuhan}}$ = Daya yang dibutuhkan baterai (AH)
 AH_{baterai} = Daya yang mampu dihasilkan oleh baterai (AH)
 V_s = Tegangan Listrik Baterai (Volt)

2.9.2 Perhitungan Luasan Panel

Luasan panel yaitu luasan yang akan dijadikan tempat untuk *Solar Cell*. Semakin besar luasan yang tersedia semakin banyak solar cell yang bias dipasang akan tetapi biaya yang akan dikeluarkan juga semakin besar. Jumlah *solar cell* yang dapat dipasang dengan pendekatan sebagai berikut:

$$n \text{ unit Solar Panel} = \frac{\text{Luasan tersedia}}{A} \quad \dots(2.12)$$

2.9.3 Perhitungan Teknis Panel Surya

Daya yang dihasilkan oleh panel surya maksimum diukur dengan besaran Wattpeak (W_p), yang konversinya terhadap watthour (Wh) tergantung intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan panel. Selanjutnya daya yang dikeluarkan oleh panel surya adalah daya panel dikalikan lama penyinaran. Misalnya sebuah panel surya berkapasitas 100 W_p disinari matahari dengan intensitas maksimum 5 jam maka daya yang dihasilkan adalah 100 kali 5 Wh atau 500 Wh. Daya tersebut dapat digunakan

menyalakan 10 buah lampu 5 watt selama 10 jam atau sebuah kipas angin 50 watt selama 10 jam

Di Indonesia, daya (Wh) yang dihasilkan perhari biasanya sekitar 3-5 kali daya panel maksimum (Wp), 3 kali untuk cuaca mendung, dan 5 kali untuk kondisi panas terik. Misalnya untuk sebuah panel surya berdaya maksimum 100 Wp , daya yang dihasilkan pada cuaca mendung perhari adalah 3 kali 100 Wp atau 300 Wp, dan pada cuaca cerah adalah 5 kali 100 Wp atau 500 Wp.

Panel panel surya dapat disusun secara seri atau paralel. Rangkaian paralel digunakan pada panel panel dengan tegangan output yang sama untuk memperoleh penjumlahan arus keluaran. Tegangan lebih tinggi diperoleh dengan merangkai panel panel arus keluaran yang sama secara seri. Misalnya untuk memperoleh kegagan sebesar 12 Volt dan arus 12 A, kita dapat merangkai 4 buah panel masing masing dengan keluaran 12 Volt dan 3 A secara parallel. Jika keempat panel tersebut dirangkai secara seri akan diperoleh keluaran tegangan 48 Volt dan arus 3 A.

2.9.4 Menghitung *Fill Factor*

Fill factor adalah parameter yang menentukan daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya secara penuh, besarnya nilai *Fill Factor* dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suriadi dan Mahdi Sukri, 2010):

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad \text{.....(2.13)}$$

Dimana : FF = *Fill Factor*

V_{mp} = Maximum Power Voltage (V)

I_{mp} = Maximum Power Current (A)

V_{oc} = Open Circuit Voltage (V)

I_{sc} = Short Circuit Current (A)

Setelah diketahui nilai *Fill Factor* akan dilakukan perhitungan efisiensi panel surya, karena didalam data spesifikasi panel surya yang digunakan tidak diketahui efisiensi panel surya yang digunakan. Penentuan efisiensi dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut (Suriadi dan Mahdi Sukri, 2010):

$$P_{max} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \quad \text{.....(2.14)}$$

Dimana : P_{max} = *Power maximum* (W)

V_{oc} = Open Circuit Voltage (V)

I_{sc} = Short Circuit Current (A)

FF = *Fill Factor*

$$P_{in} = \text{Intensitas Cahaya} \cdot A \quad \text{.....(2.15)}$$

Dimana : P_{in} = *Power input* (W)

Intensitas Cahaya = intensitas cahaya (W/m^2)

A = Luasan panel (m^2)

$$\text{Efisiensi}(\eta) = \frac{P_{\max}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \quad \text{.....(2.16)}$$

Dimana : η = Efisiensi panel surya

P_{\max} = *Power maximum* (W)

P_{in} = *Power input* (W)

2.9.5 Menghitung PV Area

PV area diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (I Dewa Ayu, 2011):

$$PV_{\text{area}} = \frac{EL}{GAV \cdot \eta_{\text{pv}} \cdot TCF \cdot \eta_{\text{out}}} \quad \text{.....(2.17)}$$

Dimana : EL = pemakaian energi (kWh/hari)

GAV = insolasi harian matahari

η_{pv} = efisiensi panel surya

TCF = *Temperature correction factor*

η_{out} = efisiensi panel inverter

2.9.6 Menghitung Watt Peak

Dari perhitungan PV area, maka besar daya yang dibangkitkan panel surya (*watt peak*) dapat menggunakan rumus sebagai berikut (I Dewa Ayu, 2011):

$$P_{\text{watt peak}} = PV_{\text{area}} \cdot PSI \cdot \eta_{\text{pv}} \quad \text{.....(2.18)}$$

Dimana : PV area = photovoltaic (m^2)

PSI = *Peak Solar Insolation* 1000 W/ m^2

η_{pv} = efisiensi panel surya

2.9.7 Menghitung Daya yang Dihasilkan

Setelah mengetahui nilai efisiensi dari panel surya dan merencanakan jumlah panel solar cell yang akan digunakan. Kemudian total daya dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{\text{tot}} = n_{\text{panel SC}} \cdot P_{\text{SC}} \cdot \eta_{\text{SC}} \quad \text{.....(2.19)}$$

Dimana : P_{tot} = Daya total (watt) dalam 1 jam

$n_{\text{panel SC}}$ = Jumlah panel surya yang digunakan

P_{sc} = Daya per panel surya

η = Efisiensi panel surya

2.10 Analisa Biaya

Investasi pemakaian sistem destilasi menggunakan *solar cell* merupakan proyek atau kegiatan yang menyangkut pengeluaran modal (*capital expenditure*), mempunyai arti yang sangat penting secara ekonomis karena:

1. Pengeluaran modal mempunyai konsekuensi jangka panjang. Pengeluaran modal akan membenuk kegiatan perusahaan dimasa yang akan datang dan sifat sifat perusahaan dalam jangka panjang.
2. Pengeluaran modal umumnya menyangkut jumlah yang sangat besar.
3. Komitmen pengeluaran modal tidak mudah untuk diubah.

Dalam menilai untung tidaknya investasi ada beberapa kriteria yang digunakan. Adapun kriteria penilaian investasi dapat digolongkan menjadi dua golongan. Pertama kriteria investasi yang berdasarkan pada konsep keuntungan atau profit adalah *average rate of return / accounting rate of return*. Kedua kriteria investasi yang mendasarkan pada konsep *cash flow* yang dapat dirinci sebagai berikut:

- Konsep *cash flow* yang tidak memperhitungkan nilai waktu dari uang atau factor diskonto (*non discount cash flow*) yaitu metode *pay back period*.
- Konsep *cash flow* yang memperhitungkan nilai waktu dari uang atau factor diskonto (*discount cash flow*), antara lain:
 4. *Net present value (NPV)*
 5. *Profitability index (PI)*
 6. *Internal Rate of Return (IRR)*

Oleh karena itu, perlu dilakukan studi analisa ekonomis terhadap investasi dari pemasangan sistem destilasi dengan *solar cell* agar dapat diketahui kelayakan ekonomis. Pemasangan sistem destilasi dengan *solar cell*, dapat digunakan kriteria penilaian investasi dengan *Net present value (NPV)*

2.10.1 Metode PayBack

Metode ini mencoba untuk mengukur seberapa cepat investasi bisa kembali. Karena itu satuan hasilnya bukan persen- tase, tetapi satuan waktu (bulan, tahun, dsb). Kalau periode *payback* ini lebih pendek dari pada yang diisyaratkan oleh pihak *management*, maka proyek investasi dikatakan menguntungkan, sedangkan kalau lebih lama proyek ini dikatakan merugi.

Karena metode ini mengukur seberapa cepat suatu investasi bisa kembali, maka dasar yang dipergunakan adalah aliran kas, bukan laba. Sehingga dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Nilai investasi}}{\text{Aliran masuk}} \times 1 \text{ tahun} \quad \dots(2.20)$$

2.10.2 Metode Net Present Value (NPV)

Metode ini menghitung selisih antara nilai sekarang investasi dengan penerimaan penerimaan kas bersih (operasional maupun *cash flow*) dimasa akan datang. Untuk menghitung nilai sekarang tersebut perlu ditentukan terlebih dahulu tingkat bunga yang dianggap relevan. Ada beberapa konsep untuk menghitung yang dianggap relevan ini. Pada dasarnya tingkat bunga tersebut adalah tingkat bunga pada saat kita menganggap keputusan investasi masih terpisah dari keputusan pembelanjaan ataupun waktu kita mulai melanjutkan keputusan investasi dengan keputusan pembelanjaan. Disini adanya keterkaitan hanya mempengaruhi tingkat bunga, bukan aliran kas. Apabila nilai sekarang penerimaan penerimaan kas bersih dimasa yang akan datang lebih besar dari nilai sekarang investasi, maka proyek investasi itu dikatakan menguntungkan.

Sedangkan apabila lebih kecil (*NPV negative*), proyek dikatakan tidak menguntungkan. Rumus umum dari NPV adalah:

$$NPV = \text{nilai investasi} - \frac{\text{Kas masuk}}{(1+i)} + \frac{\text{Kas masuk}}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\text{Kas masuk}}{(1+i)^n} \quad \dots\dots(2.21)$$

Dimana : n = jumlah tahun dari penyusutan investasi

2.10.3 Metode *Internal Rate of Return*

Metode ini menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang penerimaan penerimaan kas bersih dimasa mendatang. Apabila tingkat bunga lebih besar dari tingkat relevan (tingkat keuntungan yang disyaratkan), maka investasi dikatakan merugi. Sehingga secara umum dirumuskan :

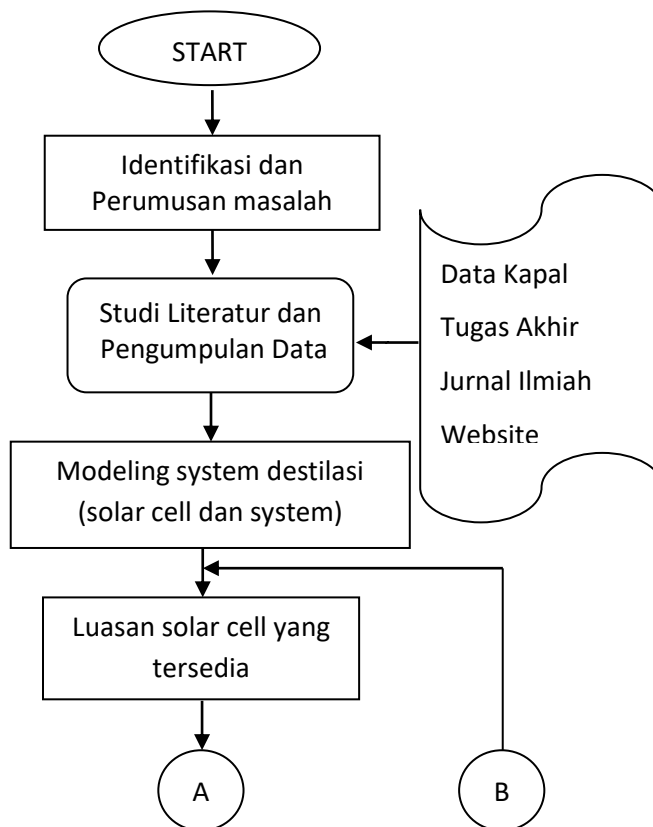
$$NPV = \frac{\text{Kas masuk}}{(1+r)} + \frac{\text{Kas masuk}}{(1+r)^2} + \frac{\text{Kas masuk}}{(1+r)^3} + \dots + \frac{\text{Kas masuk}}{(1+r)^n} \quad \dots\dots(2.22)$$

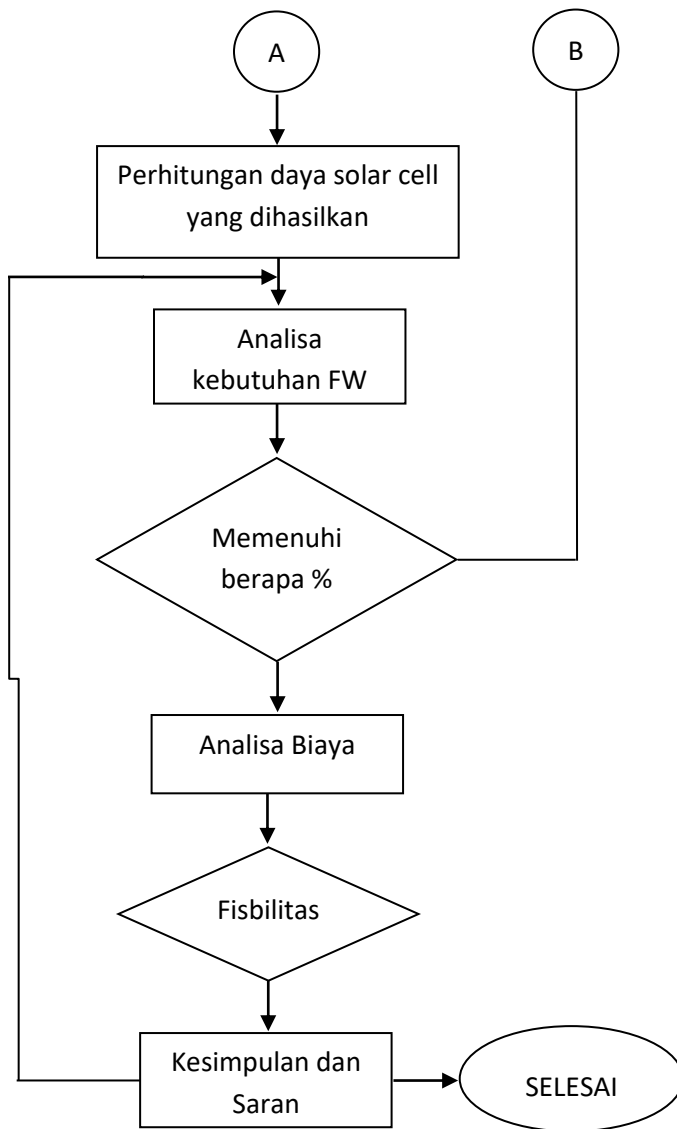
Dimana : n = jumlah tahun dari penyusutan investasi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metodologi pada tugas akhir ini digunakan sebagai kerangka dasar atas penyusunan. Metodologi tersebut akan mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Metodologi tugas akhir ini dapat dilihat secara lengkap di *flowcart* sebagai berikut :





Gambar 3.1 Flow Chart Alur Pengerjaan Tugas Akhir

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Merupakan tahap dimana memulai untuk mencari dan mengidentifikasi masalah yang dianggap pantas untuk dijadikan ide tugas akhir dan belum pernah dipakai oleh orang lain. Setelah mendapatkan ide tugas akhir tersebut dirumuskan permasalahan yang perlu dibahas apa saja terkait dengan judul tersebut.

3.2 Studi Literatur

Merupakan tahap pencarian referensi untuk dijadikan acuan dalam pengerjaan tugas akhir. Referensi tersebut harus berkaitan dengan tema dan pengerjaan yang dikerjakan. Literatur yang dibaca yaitu berasal dari buku, tugas akhir, jurnal dan *website*.

3.3 Pengumpulan Data

Merupakan tahap dimana mengumpulkan data dari mekanisme dan desain system destilasi air laut yang akan digunakan. Meliputi data kapal perintis 2000 GT, evaporator, solar cell. Dimensi utama sebagai berikut :

- Length (LOA) : 68.50 M
- Length (LPP) : 63.00 M
- Breadth (B) : 14.00 M
- Depth (H) : 6.20 M
- Draft (D) : 2.90 M
- Kecepatan : 12 knot
- Daya Mesin : 2 x 1400 HP
- ABK : 36 orang
- Penumpang : 499 orang

3.4 Modeling Sistem Destilasi (solar cell dan system) dan Luasan Solar Cell Yang Tersedia

Pada tahap ini dilakukan penggambaran instalasi mekanisme sistem destilasi air laut dengan menggunakan *software Auto Cad* 2D dan 3D dan penggambaran letak *solar cell* di *top deck* kapal perintis 2000 GT tersebut. Serta merancang koil pemanas di sistem destilasi

3.5 Perhitungan Daya Solar Cell yang Dihasilkan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan daya solar cell yang dihasilkan dari luasan solar cell yang dirancang pada *top deck* kapal.. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan charger controller dan baterai yang akan digunakan selama evaporasi berlangsung

3.6 Analisa Kebutuhan Fresh Water (FW)

Setelah dilakukan perhitungan tersebut, maka perlu dilakukan analisa untuk menentukan apakah hasil tersebut layak / bisa diterima atau tidak dalam artian daya solar cell sudah memenuhi untuk kebutuhan evaporator. Apabila belum bisa diterima akan diulang kembali pengerjaan ke luasan solar cell yang tersedia dengan menambah atau mengurangi jmlah solar cell tersebut

3.7 Analisa Perhitungan

Setelah dilakukan analisa kebutuhan fresh water selanjutnya dilakukan perhitungan biaya keseluruhan mulai destilasi, baterai dan solar cell yang akan digunakan. Apakah fisibilitas atau tidak jika diterapkan di kapal perintis

3.8 Kesimpulan dan Saran

Apabila perhitungan dan analisa dapat diterima, maka langsung dapat diambil kesimpulan tentang perancangan system destilasi air laut

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Model Evaporator

Sebelum mendesain evaporator terlebih dahulu mencari pembanding ukuran yang sudah ada dipasaran hal ini bertujuan sebagai acuan medesain. Data pembanding sebagai berikut:

1. Spesifikasi Kondensor Distilasi KDS – K 400 :

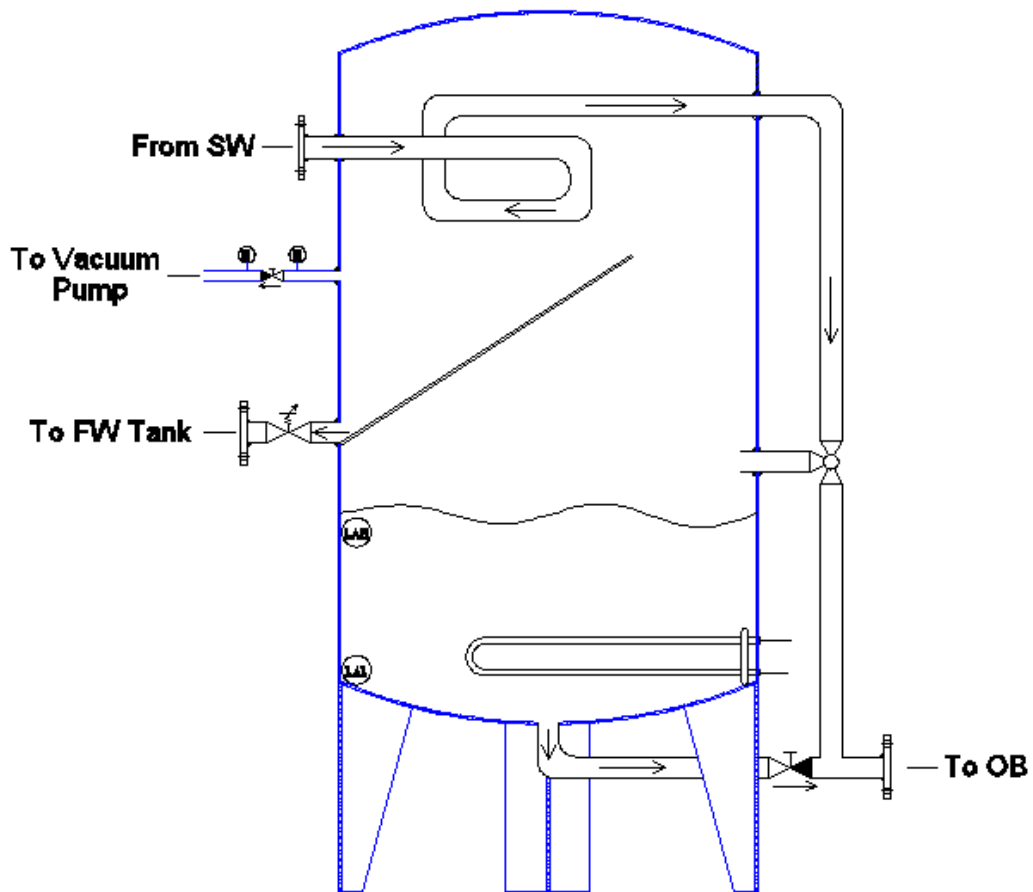
Tebal Bahan	: SS 2 mm.
Bahan	: Stainless Steel Anti Karat.
Safety	: 2 Buah.
Sistem	: Tubural Dan Spiral.
Dimensi Mesin	: Ø 750 mm x 2400 mm.
Kapasitas	: 400 Kg.

2. Spesifikasi Kondensor Distilasi KDS – K 300

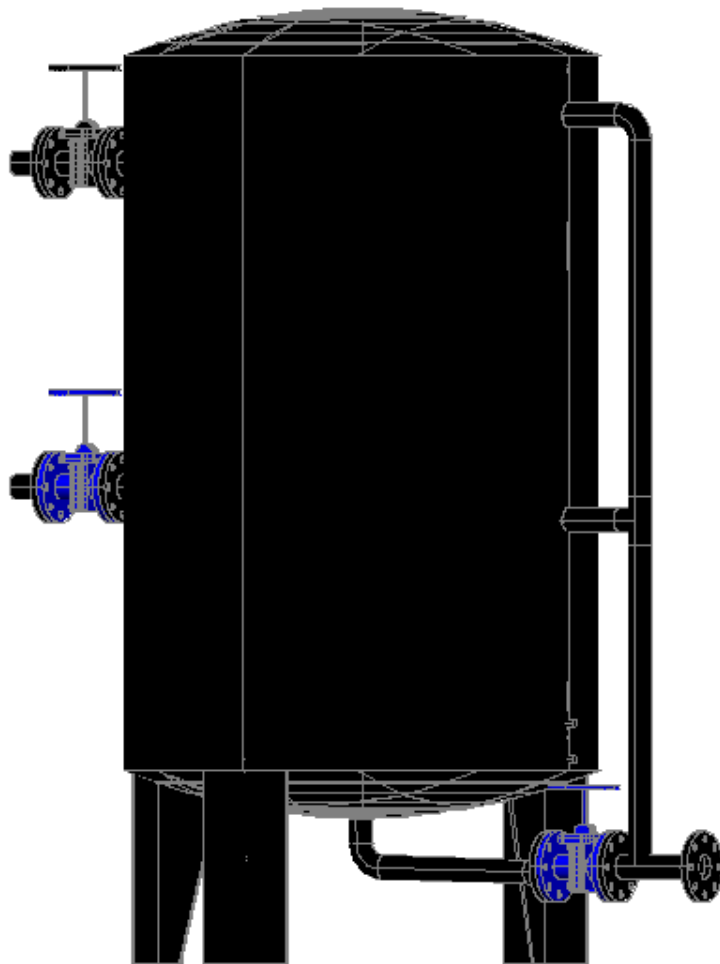
Tebal Bahan	: SS 2 mm.
Bahan	: Stainless Steel Anti Karat.
Safety	: 2 Buah.
Sistem	: Tubural Dan Spiral.
Panjang Pipa	: 42 Meter.
Diameter Pipa	: 32 mm Dan 25 mm.
Dimensi Mesin	: Ø 1200 mm x 2000 mm.
Kapasitas	: 300 Kg.

Maka didapatkan spesifikasi evaporator yang direncanakan sebagai berikut:

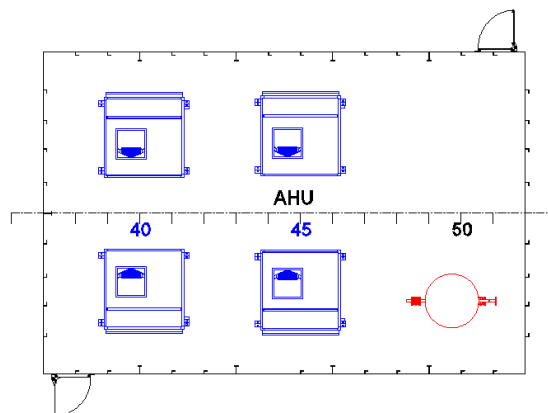
Tebal bahan	: 5 mm
Bahan	: Stainless Steel
Sistem	: Heating Coil
Dimensi	: Ø 1000 mm x 1700 mm.
Kapasitas 1 kali evaporator	: 315.45 kg



Gambar 4.1 desain evaporator



Gambar 4.2 desain 3D evaporator



Gambar 4.3 penempatan evaporator

Pada sistem destilasi ini menggunakan sistem batch yang mana air laut yang digunakan tidak secara kontinyu melainkan hanya 315.45 kg dalam sekali evaporasi. Setelah tangki evaporator terisi, maka secara otomatis tertutup. Kemudian aliran pipa tersebut akan menjadi kondesor yang dialiri air laut secara kontinyu dengan tujuan mendinginkan uap air hasil evaporator menjadi air tawar.

Sea water hydrophore yang ada dikapal digunakan untuk mensupply air laut selama proses berlangsung. Dengan kapasitas sebagai berikut 3 M³/H 20M 1.1 KW. Pada alat evaporator ini menggunakan pompa vakum untuk mengeluarkan molekul-molekul gas dari dalam sebuah ruangan tertutup untuk mencapai tekanan vakum sehingga titik didih didalam menjadi turun dibawah tekanan atmosfer dengan spesifikasi sebagai berikut

Tabel 4.1 Spesifikasi Pompa Vakum

Model	SHB-IIIIG
Daya(W)	180
Power supply(V/Hz)	220/50 atau 220/60
Aliran(L/min)	80
Angkat(m)	10
Maximum Vacuum Degree(MPa)	0.098
Safety	katup
Kapasitas tangki penyimpanan air(L)	15
Bahan dari Tangki Air	PP
Dimensi(mm)	385L×280W×420H
Berat(kg)	11



Gambar 4.4 pompa vakum SHB-IIIIG

4.2 Perhitungan Daya Evaporator

Perhitungan daya berdasarkan energi kalor yang dibutuhkan untuk mengubah wujud suatu benda, dalam hal ini menggunakan air laut.

Data fase perubahan kalor

Air laut (m)	: 315.45 kg
ρ air laut	: 1025 kg/m ³
C air laut	: 3900 (J/Kg°C)
T ₁	: 27° C
T ₂	: 50° C dalam 12.34 kPa
$\Delta T = T_2 - T_1$: 23° C

Nilai dari T₂ divariasikan mulai dari 50° C, 60° C, 70° C, 80° C, dan 90° C untuk mengetahui pada teperatur berapa evaporator bekerja maksimal menghasilkan *fresh water* dan temperature vakum pada evaporator tersebut berbeda dengan temperature udara diluar

Daya operasi

Berat air laut yang digunakan untuk perhitungan adalah 315.45 kg. Maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_{\text{operasi}} = m \cdot C \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{operasi}} = 315,45 \cdot 3900 \cdot 43$$

$$Q_{\text{operasi}} = 52900965 \text{ Joule}$$

Untuk mengetahui daya yang digunakan, evoporasi direncanakan selama 2 jam. Maka daya yang diperlukan sebagai berikut:

$$W_{\text{listrik}} = \text{Energi Kalor}$$

$$P \cdot t = m \cdot C \cdot \Delta T$$

$$P \cdot 7200 = 52900965$$

$$P = \frac{52900965}{7200}$$

$$P = 7347,356 \text{ watt}$$

$$P = 7,35 \text{ kW}$$

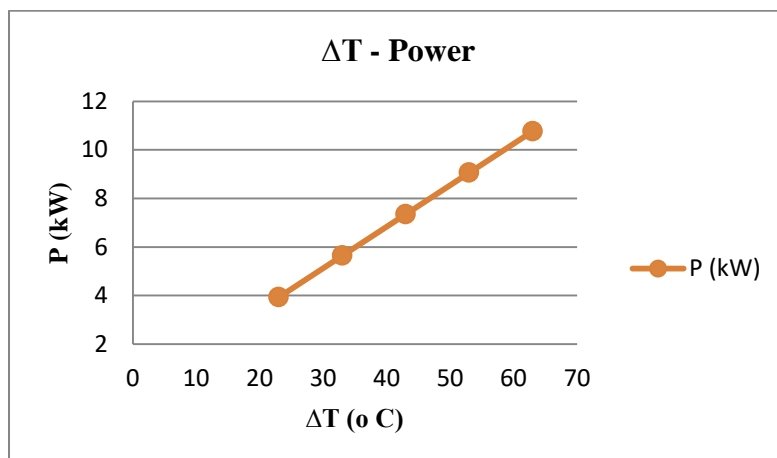
Langkah yang sama digunakan untuk perhitungan pada suhu vakum 50° C, 60° C, 80° C, dan 90° C maka didapatkan daya evaporator sebagai tabel berikut

Tabel 4.2 Daya Evaporator

T ₁ (° C)	T ₂ (° C)	P (kPa)	ΔT (o C)	Q (Joule)	t (s)
27	50	12.34	23	28295865	7200
27	60	19.92	33	40598415	7200

27	70	31.16	43	52900965	7200
27	80	47.36	53	65203515	7200
27	90	70.11	63	77506065	7200

P (watt)	P (kW)	Jumlah Panel	Power yang dihasilkan (kWh)	Power yang dihasilkan selama 7 jam (kWh)
3929.98	3.93	70	4.12	28.26
5638.67	5.64	70	4.12	28.26
7347.36	7.35	70	4.12	28.26
9056.04	9.06	70	4.12	28.26
10764.73	10.76	70	4.12	28.26

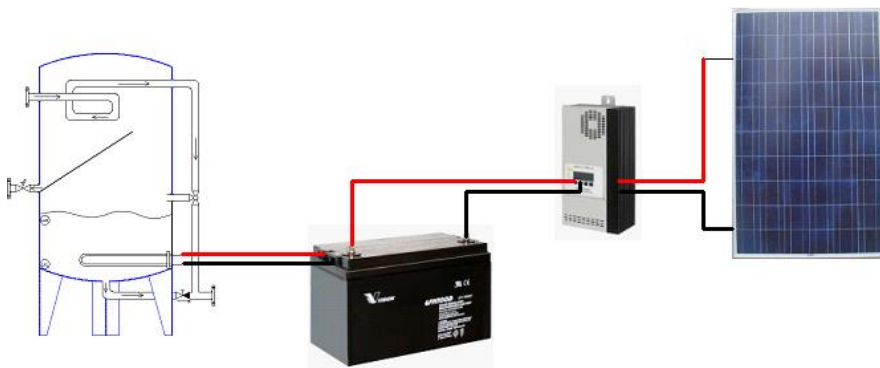


Berdasarkan grafik diatas ΔT suhu yang dibutuhkan berbanding lurus dengan Power yang dibutuhkan selama satu evaporasi. Seperti pada T_2 70°C dengan ΔT 43 °C maka memerlukan daya evaporasi selama 2 jam yaitu 7.35 kW. Daya tersebut harus mampu disuplai oleh *solar cell*

4.3 Perancangan Sistem Solar Cell

Sistem *Solar Cell* yang diterapkan pada sistem destilasi ini dirancang sedemikian rupa supaya mampu memenuhi energi listrik pada saat evaporasi. Sistem *solar cell* ini direncanakan mampu memenuhi kebutuhan energi listrik selama 1 kali evaporator yaitu 2 jam (asumsi)

Sistem *solar cell* yang diterapkan pada sistem destilasi ini terdiri dari peralatan pokok yang terhubung satu sama lain mulai dari panel surya, *charger controller*, dan *battery* yang nantinya akan terhubung ke sistem destilasi. Untuk lebih jelasnya lihat skema gambar 4.5 Perancangan sistem solar cell dibawah ini

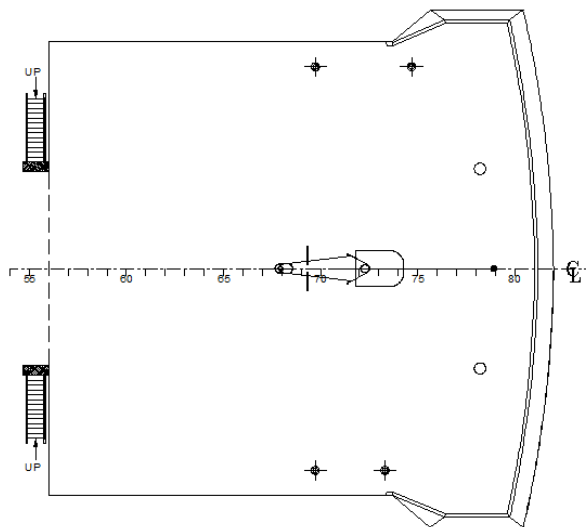


Gambar 4.5 Skema Sistem Solar Cell

4.4 Perhitungan Luasan Panel

Dalam peletakan panel solar cell haruslah dipasang sedemikian rupa agar mendapatkan sinar matahari sebanyak mungkin sehingga daya yang dihasilkan panel maksimal. Begitu juga dengan pemilihan spesifikasi *solar cell* yang akan dipakai, diusahakan untuk memilih panel yang memiliki luasan lebih kecil akan tetapi mampu menghasilkan daya yang lebih besar. Hal ini berkaitan dengan luasan *top deck* kapal perintis 2000 GT yang akan dipasang panel *solar cell* terbatas.

Menggunakan fungsi *boundary* pada *software Autocad* didapat perkiraan luasan *top deck* yang dapat dijadikan acuan dalam pemilihan dan jumlah yang akan diperlukan



Gambar 4.6 Luasan Top Deck yang akan digunakan

Luasan total yang dapat dipasang solar cell berdasarkan hasil *boundary* adalah 209.98 m^2 . Kemudian menentukan letak solar cell yang akan digunakan. Data yang tercantum pada spesifikasi panel surya tersebut digunakan sebagai perhitungan dalam

perancangan sistem ini, diantaranya adalah untuk menentukan berapa lembar kebutuhan panel *solar cell* yang akan terpasang di *top deck* supaya menjadi lebih optimal dan efisien. Spesifikasi teknis dari panel tersebut tercantum pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Spesifikasi solar cell

Specification	Value	Unit
Type	Solar Panel 300Wp Monocrystalline	
Electrical Characteristics	MSP-300W	
Maximum power (Pmax)	300	W
Voltage at Pmax (Vmp)	36.6	V
Current at Pmax (Imp)	8.21	A
Open-circuit voltage (Voc)	44.8	V
Short-circuit current (Isc)	8.88	A
Temperature coefficient of Voc	$-(0.40 \pm 0.05)\% / ^\circ\text{C}$	
Temperature coefficient of Isc	$(0.065 \pm 0.01)\% / ^\circ\text{C}$	
Temperature coefficient of power	$-(0.5 \pm 0.05)\% / ^\circ\text{C}$	
NOCT (Air 20°C; Sun 0.8kW/m ² wind 1m/s)	47±2	°C
Operating temperature	-40°C to 85°C	
Maximum system voltage	600V	DC
Power tolerance	3%	
Cells	monocrystalline silicon solar cell	
No. of cells and connections	72(6X12)	
Module Dimension		
- width	1950	mm
- hight	990	mm
- thicknes	40	mm
Weight	20.8	kg

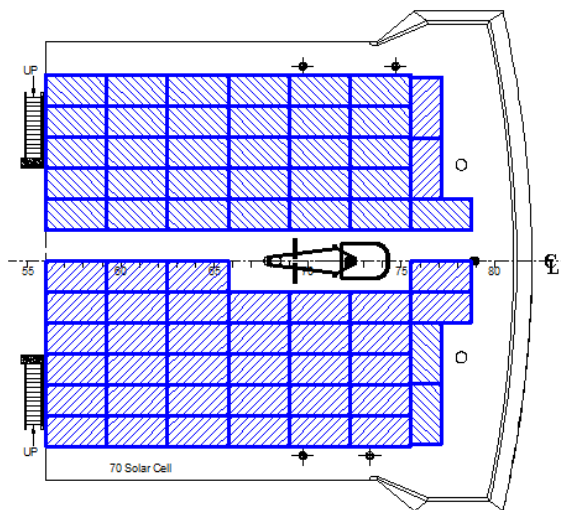
Langkah selanjutnya yaitu menghitung jumlah unit *solar cell* yang akan di pasang di *top deck* dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$n \text{ unit Solar Panel} = \frac{\text{Luasan tersedia}}{\text{Luasan Solar Panel}}$$

$$n \text{ unit Solar Panel} = \frac{209,98}{1,93}$$

$$n \text{ unit Solar Panel} = 108,798 \text{ unit}$$

Akan tetapi, di *top deck* terdapat alat alat navigasi seperti radar, lampu navigasi dan lain sebagainya yang memerlukan akses untuk inspeksi. Maka *solar cell* yang dapat terpasang 70 unit dan dirangkai secara paralel agar mendapat daya yang besar seperti pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Perencanaan panel solar cell

4.4.1 Perhitungan *Fill Factor*

Fill factor adalah parameter yang menentukan seberapa besar yang dihasilkan oleh panel surya secara penuh, besarnya nilai FF dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

Dimana :

FF : *Fill Factor*

V_{mp} : Maximum Power Voltage (V)

I_{mp} : Maximum Power Current (A)

V_{oc} : Open Circuit Voltage (V)

I_{sc} : Short Circuit Current (A)

Sehingga didapatkan sebagai berikut:

$$FF = \frac{36,6 \cdot 8,21}{44,8 \cdot 8,88}$$

$$FF = 0,76$$

Nilai FF digunakan sebagai variable untuk menghitung nilai daya maksimal tiap panel solar cell, dimana:

$$P_{\max} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF$$

$$P_{\max} = 44,8 \cdot 8,88 \cdot 0,76$$

$$P_{\max} = 302,35 \text{ watt}$$

Selanjutnya yaitu menentukan P_{in} yang masuk ke panel solar cell disebabkan oleh sinar matahari, dimana:

$$P_{in} = \text{Intensitas Cahaya} \cdot \text{Area Modul}$$

$$P_{in} = 800 \cdot 1,96$$

$$P_{in} = 1544 \text{ watt}$$

Dari perhitungan besarnya daya maksimal dan daya input, maka dapat diketahui berapa nilai efisiensi dari panel solar cell ini, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi}(\eta) = \frac{P_{\max}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi}(\eta) = \frac{302,35}{1544} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi}(\eta) = 0,196$$

4.4.2 Perhitungan PV Area

Untuk mengetahui besarnya PV area, dapat menggunakan rumus sebagai berikut

$$PV_{\text{area}} = \frac{EL}{GAV \cdot \eta_{pv} \cdot TCF \cdot \eta_{out}}$$

Dimana :

EL	: pemakaian energy	3.93 kWh
GAV	: insolasi harian matahari	4.75 kWh/m ²
η_{pv}	: efisiensi panel surya	0.196
TCF	: Temperature correction factor	
η_{out}	: efisiensi panel inverter	

Besarnya nilai insolasi harian matahari (GAV) diambil nilai terendah yaitu sebesar 4.75 kWh/m². Nilai tersebut diambil berdasarkan data radiasi. Sedangkan nilai *Temperatur Correction Factor (TCF)*, menggunakan persamaan berikut ini

$$TCF = \frac{P_{\max} \text{ saat } T \text{ naik berapa } ^\circ\text{C}}{P_{\max}}$$

Pada spesifikasi panel solar sell yang dipilih dijelaskan bahwa temperature maksimal sampai dengan 85°C , maka tidak terjadi kenaikan suhu

$$TCF = \frac{302,35}{302,35}$$

$$TCF = 1$$

Untuk nilai *effisiensi output* (η_{out}), diambil berdasarkan beberapa komponen yang melengkapi kinerja sistem tenaga surya. Dimana sistem tersebut dilengkapi baterai, *charger*, dan perkabelan. Diasumsikan efisiensi sebesar 0.8%. Maka besarnya *PVarea* dapat diketahui sebagai berikut

$$PV \text{ area} = \frac{3,93}{4.75 \cdot 0,196 \cdot 0,8}$$

$$PV \text{ area} = 5,277 \text{ m}^2$$

4.4.3 Perhitungan Watt Peak

Untuk mengetahui daya yang akan dibangkitkan oleh system tenaga surya (watt peak) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P \text{ watt peak} = PV \text{ area} \cdot PSI \cdot \eta_{pv}$$

$$P \text{ watt peak} = 5,277 \cdot 800 \cdot 0,196$$

$$P \text{ watt peak} = 827,43 \text{ watt}$$

4.5 Perhitungan Daya yang dihasilkan Panel Solar Cell

Setelah mengetahui nilai efisiensi dari panel solar cell dan merencanakan jumlah panel *solar cell* yang akan digunakan. Kemudian total daya yang dihasilkan selama 1 jam penyinaran matahari dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{\text{tot}} = n \text{ panel SC} \cdot \text{Daya SC} \cdot \text{Efisiensi SC}$$

$$P_{\text{tot}} = 70 \cdot 300 \cdot 0.196$$

$$P_{\text{tot}} = 4116 \text{ watt}$$

$$P_{\text{tot}} = 4,120 \text{ kWh (dalam 1 jam)}$$

Digunakan skenario pemanfaatan panas matahari yaitu panel *solar cell* mulai terkena panas matahari pukul 08.00 sampai dengan 15.00. Maka dalam 7 jam, daya yang diperoleh adalah 28.84 kW. Daya tersebut harus dikurangi dengan efisiensi Charger Controller yaitu 98%, sehingga daya yang tersimpan di dalam battery sebagai berikut:

$$P_{\text{tot (eff 98\%)}} = 28,84 \cdot 98\%$$

$$P_{\text{tot (eff 98\%)}} = 28,26 \text{ kW}$$

4.6 Perhitungan Charger Controller

Dari spesifikasi solar cell yang dipilih, dapat diketahui bahwa besarnya PV open circuit voltage per panel solar cell adalah 44.8 Volt DC, karena seluruh panel *solar cell* dirangkai parallel maka *PV open circuit voltage* besarnya sama.

Spesifikasi *charger controller* yang tersedia memiliki kemampuan maksimal dalam menerima arus PV sebesar 80 ampere, sedangkan untuk per panel solar cell PV mampu menghasilkan arus maksimum sebesar 8.21 ampere pada kondisi intensitas matahari sebesar 800 W/m^2 , sedangkan intensitas radiasi di wilayah Indonesia berkisar $669 - 672 \text{ W/m}^2$, maka diasumsikan arus maksimum yang dihasilkan oleh PV sebesar 8 ampere. Maka untuk 70 unit panel *solar cell* dibutuhkan *charger controller* sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan Charger Controller} = \frac{70}{8}$$

$$\text{Kebutuhan Charger Controller} = 8,75 \approx 9 \text{ unit}$$

Spesifikasi *charger controller*:

Merk	: Apollo Solar
Type	: T80 Turbocharger
Output current	: 80 Ampere
Battery voltage	: 12, 24, 36 or 48 VDC nominal
Weight	: 7.3 kg



Gambar 4.8 Charger Controller T80 Turbocharger

Maka arus *output* maksimum yang dihasilkan oleh *charger controller* sebagai berikut:

$$I_{\text{output}} = 80 \cdot 9$$

$$I_{\text{output}} = 720 \text{ A}$$

Kapasitas charger controller per hari: $720 \times 7 = 5040 \text{ Ah}$

4.7 Perhitungan Kebutuhan Baterai

Ampere hour ditentukan berdasarkan pada penggunaan peralatan listrik agar daya dapat diperhitungkan dan disesuaikan dengan suplai daya yang akan diperhitungkan untuk langkah selanjutnya. Ampere hour mempunyai peran penting sebagai antisipasi beban listrik yang berlebih dari peralatan listrik.

Dari total daya listrik tersebut maka dapat dilakukan perhitungan ampere hour dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total daya (P}_{\text{total}}) \text{ pada suhu } T_2 \text{ } 70^{\circ}\text{C} &= 7347.36\text{watt} \\ \text{Tegangan} &= 12 \text{ V} \\ \text{Waktu penggunaan baterai (T)} &= 4 \text{ (3 kali operasi} \\ &\quad \text{ditambah 1 kali spare)} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} P_{\text{baterai}} &= P_{\text{total}} \cdot T \\ P_{\text{baterai}} &= 7347,36 \cdot 4 \\ P_{\text{baterai}} &= 29389,44\text{watt hour} \\ \text{AH}_{\text{kebutuhan}} &= \frac{P_{\text{baterai}}}{\text{Volt}} \\ \text{AH}_{\text{kebutuhan}} &= \frac{29389,44}{12} \\ \text{AH}_{\text{kebutuhan}} &= 2449,12\text{AH} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut, pemilihan baterai dapat dilakukan. Berikut spesifikasi baterai yang dipilih

Tabel 4.4 Spesifikasi Baterai

Merk	:	LEOCH BATTERY	
Model	:	LP12-250	
Nominal Voltage	:	12	Volt
Rates Capacities (20 H)	:	260	AH
Weight	:	72,5	Kg
Dimention			
Height	:	220	mm
Length	:	522	mm
Width	:	268	mm



Gambar 4.9 valve regulated *lead-acid battery*

Sehingga dari spesifikasi tersebut dapat dihitung berapa baterai yang akan digunakan selama 3 kali evaporasi dalam sehari.

$$n = \frac{AH_{\text{kebutuhan}}}{AH_{\text{baterai}}}$$

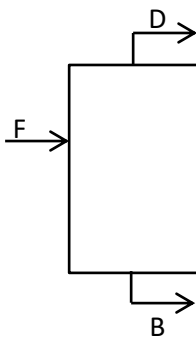
$$n = \frac{2449,12}{260}$$

$$n = 9,42 \approx 10 \text{ unit baterai}$$

4.8 Analisa Perhitungan *Fresh Water* yang Dihasilkan

Perhitungan *fresh water* yang dihasilkan pada alat destilasi ini menggunakan prinsip perhitungan neraca massa dan neraca energi dengan sistem *batch*. Dengan basis Feed 315.45 kg per satu kali operasi evaporasi dalam waktu 2 jam.

Skema aliran sistem



Neraca massa total sistem

Asumsi : Proses berlangsung *steady state* sehingga akumulasi = 0

- Neraca massa

$$\text{Akumulasi} = \text{input} - \text{output} + \text{generasi} - \text{konsumsi}$$

$$0 = F - (B + D) + 0 - 0$$

$$\begin{aligned}
 B + D &= F \\
 B + D &= 315.45 \\
 D &= 315.45 - B \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

Keterangan :

F = Aliran *feed sea water* masuk (kg/2jam)

D = Aliran distilat *fresh water* (kg/2jam)

B = Aliran *bottom brine water* (kg/2jam)

- Neraca energi

Akumulasi = input – output + generasi – konsumsi

$$0 = F \cdot \Delta H_F - (B \cdot \Delta H_B + D \cdot \Delta H_D + Q_{kondensor})$$

$$F \cdot \Delta H_F = B \cdot \Delta H_B + D \cdot \Delta H_D + Q_{kondensor}$$

Dimana,

$$\Delta H = \langle C_p^\circ \rangle_H \cdot (T - T_0)$$

$$\langle C_p^\circ \rangle_H = \sum n_i \cdot \langle C_{pi}^\circ \rangle_H$$

Sehingga,

$$\Delta H = \sum n_i \cdot \langle C_{pi}^\circ \rangle_H \cdot (T - T_0)$$

$$\frac{\langle C_{pi}^\circ \rangle_H}{R} = A + \frac{B}{2} \cdot T_0 \cdot (\tau + 1) + \frac{C}{3} \cdot T_0^2 \cdot (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{D}{\tau \cdot T_0^2}$$

$$\langle C_{pi}^\circ \rangle_H = \left(A + \frac{B}{2} \cdot T_0 \cdot (\tau + 1) + \frac{C}{3} \cdot T_0^2 \cdot (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{D}{\tau \cdot T_0^2} \right) \cdot R$$

$$\tau = \frac{T}{T_0}$$

Dengan :

ΔH = perubahan entalphy (kJ/kg)

$\langle C_{pi}^\circ \rangle_H$ = kapasitas panas komponen (kJ/kg.kgmol.K)

$\langle C_p^\circ \rangle_H$ = kapasitas panas (kJ/kg.K)

T = suhu (K)

R = Konstanta ketetapan gas

Dengan feed (F)

Secara umum air laut mengandung garam sebesar 3,5 %, dengan asumsi semua komponen garam merupakan zat NaCl maka komposisi air laut terdiri dari 3,5% NaCl dan 96,5% H₂O

Berikut adalah salah satu detail perhitungan dengan suhu T_2 70°C :

Tabel 4.5 Perhitungan Komponen Aliran Feed (F)

Komponen	Massa Total (Kg)	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Berat Molekul (Kg/Kgmol)	n_i (Kgmol)
H ₂ O	315.45	0.965	304.409	18	16.912
NaCl		0.035	11.041	58.44	0.189

Tabel 4.6 Perhitungan Kapasitas Panas Komponen (C_{p_i}) Aliran Feed (F)

Komponen	A	B	C	D	C_p	$C_p \cdot n_i$
H ₂ O	3.47	0.0015	0	12100	178.199	3013.64
NaCl	5.526	0.002	0	0	46.367	8.76
$\Sigma C_p \cdot n_i$						3022.4

Keterangan : Parameter A, B, C, dan D perhitungan kapasitas panas diperoleh dari Appendix C buku J. M Smith, Van Ness H.C., Abbott M.M, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics,

Tabel 4.7 Perhitungan Komponen Aliran Distilat (D)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	C_p
H ₂ O	D	0.995	0,995D	18	129.841
NaCl		0.005	0,005D	58.44	46.474

Tabel 4.8 Perhitungan Komponen Aliran Bottom (B)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	C_p
H ₂ O	B	0.96	0,96B	18	86.908
NaCl		0.04	0,04B	58.44	46.718

Dengan suhu Feed (F) = 27° C = 300.15 K

Distilat (D) = 40° C = 313.15 K

Bottom (B) = 70° C = 343.15 K

$$F \cdot \Delta H_F = B \cdot \Delta H_B + D \cdot \Delta H_D + Q_{kondensor}$$

$$F \cdot n_i C_{p_i} \cdot (\Delta T) = (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot B + (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot D + (m \cdot c \cdot \Delta T)$$

$$\begin{aligned}
& 315.45 \cdot 3022.4 \cdot (298.15 - 300.15) = \\
& \left(\left(\frac{0.96B}{18} \cdot 86.908 \cdot (343.15 - 298.15) \right) \cdot B + \right. \\
& \left. \left(\frac{0.04B}{58.44} \cdot 46.718 \cdot (343.15 - 298.15) \right) \cdot B \right) + \\
& \left(\left(\frac{0.995D}{18} \cdot 129.841 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D + \right. \\
& \left. \left(\frac{0.005D}{58.44} \cdot 46.474 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D \right) + (315.45 \cdot 3900 \cdot (40 - 27)) \\
& - 190683216 = (208.578B^2 + 1.439B^2) + \\
& \quad (107.66D^2 + 0.0596D^2) + 15993315 \\
& - 17900147.16 = 210.017B^2 + 107.719D^2 \quad \dots\dots(2)
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (1), maka

$$D = 315.45 - B$$

$$D^2 = 99508.7025 + B^2 - 2 \cdot 315.45 \cdot B$$

$$D^2 = 99508.7025 + B^2 - 630.9B \quad \dots\dots(3)$$

Selanjutnya persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2) sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$-17900147.16 = 210.017B^2 + 107.719 \cdot (99508.7025 + B^2 - 630.9B)$$

$$-17900147.16 = 210.017B^2 + 10718977.92 +$$

$$107.719B^2 - 67959.917B$$

$$-2861912508 = 210.017B^2 + 107.719B^2 - 67959.917B$$

$$-2861912508 = 317.736B^2 - 67959.917B$$

$$0 = 317.736B^2 - 67959.917B + 2861912508$$

$$0 = (B - 387.362)(B - 173.476)$$

$$B = 387.362 \cup B = 173.476$$

Maka aliran bottom yang dihasilkan adalah 173.476 kg dan berdasarkan persamaan (1)

$$D = 315.45 - 173.476$$

$$D = 141.974 \text{ kg}$$

Sehingga volume fresh water yang dihasilkan adalah 141.974 liter dalam satu kali operasi dan hasil fresh water yang didapatkan pada suhu operasi 70°C adalah

$$\begin{aligned} \% \text{ efisiensi} &= \frac{141.974}{315.45} \cdot 100\% \\ &= 45.01\% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan formula diatas dapat menghitung hasil destilasi dengan variasi suhu T_2 50°C sampai T_2 90°C seperti yang direncanakan sebelumnya. Maka hasil destilasi yang didapatkan adalah sebagai berikut

Tabel 4.9 Fresh water yang dihasilkan

No.	T_2 (°C)	P (kPa)	ΔT (°C)	P (kW)	Daya SC yang dihasilkan (kWh)
1	50	12.34	49	3.930	4.12
2	60	19.92	58	5.639	4.12
3	70	31.16	67	7.347	4.12
4	80	47.36	76	9.056	4.12
5	90	70.11	85	10.765	4.12

Daya selama 7 jam (kWh)	Penggunaan evaporator	Hasil 1 kali evaporasi (L)	Hasil evaporator per hari (L)	% efisiensi
28.26	7 kali	141.34	989.38	44.81
28.26	5 kali	141.129	705.645	44.74
28.26	3 kali	141.974	425.922	45.01
28.26	3 kali	143.208	429.624	45.40
28.26	2 kali	142.393	284.786	45.84

Berdasarkan tabel 4.9 hasil *fresh water* menggunakan sistem evaporator. Hasil *fresh water* dipengaruhi oleh suhu T_2 , semakin tinggi suhu semakin besar yang dihasilkan, akan tetapi berbading lurus dengan daya yang dibutuhkan karena semakin besar daya yang diperlukan untuk penguapan.

Prinsip pompa vakum ini didasarkan pada hukum fisika dimana zat cair akan mendidih dibawah titik didih normalnya apabila tekanan pada permukaan zat cair itu diperkecil atau vakum, tekanan operasi vakum 0,4 atm. Maka pada tugas akhir ini disarankan menggunakan suhu T_2 70°C pada tekanan 0.307 atm.

4.9 Analisa Ekonomis

Dalam penentuan analisa ekonomis, diperlukan adanya perhitungan biaya biaya. Ada 3 unsur penggolongan biaya yaitu:

1. Biaya investasi awal
2. Biaya tetap tahunan
3. Biaya operasional

4.9.1 Perhitungan Ekonomis

Biaya investasi awal (*first costs*) yaitu biaya yang dikeluarkan oleh pihak owner untuk membeli alat alat yang akan digunakan pada sistem destilasi dengan menggunakan *solar cell*, seperti satu set evaporator melalui vendor, *solar cell*, *battery*, *charger controller*, kabel *marine*, komponen penunjang, dan biaya perakitan. Harga harga yang digunakan mengacu pada harga di internet. Seperti pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Biaya investasi awal

Jenis Investasi	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga
Evaporator	1	Rp45,000,000.00	Rp45,000,000.00
Solar Cell	70	Rp4,350,000.00	Rp304,500,000.00
Battery	10	Rp2,835,000.00	Rp28,350,000.00
Charger Controller	9	Rp1,475,000.00	Rp13,275,000.00
Kabel Marine	1	Rp2,500,000.00	Rp2,500,000.00
Komponen Penunjang	1	Rp2,500,000.00	Rp2,500,000.00
Biaya Pemasangan	1	Rp5,500,000.00	Rp5,500,000.00
Total			Rp401,625,000.00

Sehingga untuk biaya investasi awal sebesar Rp 401,625,000.00

Biaya tetap tahunan (*annual fixed cost*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan owner setiap tahun seperti untuk keperluan *capital maintenance* 4% dari *first costs* dan asuransi 2% dari *first costs*. Akan tetapi biaya asuransi tidak perlu pada sistem dan *capital maintenance* cukup 2% dari *first costs*

Sedangkan Biaya operasi (*operating costs*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan selama operasi, akan tetapi pada sistem destilasi ini tidak memerlukan biaya selama operasi. Seperti pada tabel 4.11 biaya tetap tahunan dapat dihitung.

Tabel 4.11 Biaya tetap tahunan

Capital maintenance (2% dari first cost)	Rp8,032,500.00
Insurance (2% dari first cost)	Rp0.00
Total	Rp8,032,500.00

Sehingga untuk biaya tetap tahunan (*annual fixed cost*) sebesar Rp8,032,500.00

Harga air tawar per liter di Ambon	= Rp 250.00
Total air tawar yang dihasilkan selama tiga kali evaporasi	= 425.922liter
Jumlah air tawar dalam 350 hari	= 149072.7 liter
Jumlah total air tawar dalam 350 hari	= Rp 37,268175
Biaya tetap tahunan	= Rp 8,032,500
Pendapatan bersih per tahun	= Rp 29,235,675

Setelah mengetahui pendapatan bersih maka dapat dilakukan perhitungan *Net present value (NPV)*, untuk mengetahui apakah sistem ini menguntungkan atau merugikan jika diterapkan di kapal perintis dengan nilai investasi yang begitu besar. Life time direncanakan 10 tahun dan Bunga (i) sebesar 10% pertahunnya, maka dapat menggunakan formula (2.21) sebagai berikut:

$$NPV = \text{nilai investasi} - \frac{\text{Kas masuk}}{(1+i)} + \frac{\text{Kas masuk}}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\text{Kas masuk}}{(1+i)^n}$$

$$NPV = 401,625,000 - \frac{29,235,675}{(1+10\%)} + \frac{29,235,675}{(1+10\%)^2} + \dots + \frac{29,235,675}{(1+10\%)^{10}}$$

$$NPV = \text{Rp. 221,984,433.00}$$

Diperoleh nilai NPV positif, maka nilai investasi yang dikeluarkan tidak bisa kembali selama penggunaan sistem selama sepuluh tahun. Sehingga sistem destilasi dengan *solar cell* tidak menguntungkan jika diterapkan di kapal perintis untuk menghasilkan tambahan *fresh water* karena biaya investasi panel *solar cell* yang terlalu besar, akan tetapi untuk solusi krisis air bersih yang sering terjadi misalnya di Ambon sistem ini akan sangat membantu selama di kapal perintis.

4.9.2 Perbandingan Perhitungan Menggunakan Auxiliary Engine

Melakukan perbandingan pada perhitungan investasi jika *solar cell* diganti dengan *auxiliary engine* yang ada di kapal. Karena terdapat tiga *auxiliary engine* di kapal perintis 2000 GT akan tetapi yang digunakan hanya dua dan satu menjadi spare. Oleh karena itu, harus diketahui *load factor auxiliary engine* yang ada di kapal saat ini. Jika *load factor* sudah melebihi maka harus menggunakan tambahan *auxiliary engine* ukuran kecil untuk mensuplai daya evaporator

Load factor auxiliary engine pada saat *sea going* sebesar 60.66% (sumber: Galangan Kapal PT. Dumas Surabaya). Ketika ditambahkan daya dari evaporator sebesar 22.04 kW maka *load factor* menjadi 68.53%, maka masih diperbolehkan menggunakan *auxiliary engine* jika *load factor* tersebut tidak melebihi 85%.

Biaya investasi awal (*first costs*) untuk membeli alat alat yang akan digunakan pada sistem destilasi dengan menggunakan *auxiliary engine*, seperti satu set evaporator melalui vendor, komponen penunjang, dan biaya perakitan. Harga harga yang digunakan mengacu pada harga di internet. Seperti pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Biaya investasi awal

Jenis Investasi	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga
Evaporator	1	Rp45,000,000.00	Rp45,000,000.00
Kabel Marine	1	Rp2,500,000.00	Rp2,500,000.00
Komponen Penunjang	1	Rp2,500,000.00	Rp2,500,000.00
Biaya Pemasangan	1	Rp5,500,000.00	Rp5,500,000.00
Total			Rp55,500,000.00

Sehingga untuk biaya investasi awal sebesar Rp 401,625,000.00

Biaya tetap tahunan (*annual fixed cost*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan owner setiap tahun seperti untuk keperluan *capital maintenance* 4% dari *first costs* dan asuransi 2% dari *first costs*. Akan tetapi biaya asuransi tidak perlu pada sistem dan *capital maintenance* cukup 2% dari *first costs*

Sedangkan biaya operasi (*operating costs*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan selama operasi. Akan tetapi pada tugas akhir ini, evaporator direncanakan menggunakan *auxiliary engine* maka biaya operasi diasumsikan nol. Maka dapat dilihat pada tabel 4.13 biaya tetap tahunan yang harus dikeluarkan.

Tabel 4.13 Biaya tetap tahunan

Capital maintenance (2% dari first cost)	Rp1,110,000.00
Insurance (2% dari first cost)	Rp0.00
Operating Cost	Rp0.00
Total	Rp1,110,000.00

Sehingga untuk biaya tetap tahunan (*annual fixed cost*) sebesar Rp1,110,000.00

Harga air tawar per liter di Ambon	= Rp 250.00
Total air tawar yang dihasilkan selama tiga kali evaporasi	= 425.922liter
Jumlah air tawar dalam 350 hari	= 149072.7 liter
Jumlah total air tawar dalam 350 hari	= Rp 37,268,175
Biaya tetap tahunan	= Rp 1,110,000
Pendapatan bersih per tahun	= Rp 36,158,175

Setelah mengetahui pendapatan bersih maka dapat dilakukan perhitungan *Net present value (NPV)*, untuk mengetahui perbandingan apakah dengan *Auxiliary Engine* yang ada di kapal ini menguntungkan atau merugikan jika diterapkan di kapal perintis. Life time direncanakan 10 tahun dan Bunga (i) sebesar 10% pertahunnya, maka dapat menggunakan formula (2.21) sebagai berikut:

$$NPV = \text{nilai investasi} - \frac{\text{Kas masuk}}{(1+i)} + \frac{\text{Kas masuk}}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\text{Kas masuk}}{(1+i)^n}$$

$$NPV = 55,500,000 - \frac{36,158,175}{(1 + 10\%)} + \frac{36,158,175}{(1 + 10\%)^2} + \dots + \frac{36,158,175}{(1 + 10\%)^{10}}$$

$$NPV = -Rp.166,676,332.00$$

Diperoleh nilai NPV negatif, maka nilai investasi yang dikeluarkan jika menggunakan *auxiliary engine* kembali selama penggunaan sistem selama sepuluh tahun. Sehingga sistem destilasi dengan sumber daya *auxiliary engine* yang ada di kapal lebih menguntungkan jika diterapkan di kapal perintis dibandingkan menggunakan *solar cell* untuk menghasilkan tambahan *fresh water* karena biaya investasi panel terlalu mahal. Dengan pertimbangan *load factor* dari *auxiliary engine* masih memenuhi, apabila *load factor* tidak memenuhi maka harus menambah *auxiliary engine* untuk mensuplai power evaporator.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari permasalahan yang telah di bahas pada bab IV mengenai penggunaan solar cell pada sistem destilasi untuk supply fresh water pada kapal perintis 2000 GT, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Sistem alat destilasi ini menggunakan sistem *batch* yaitu air laut yang digunakan tidak kontinyu melainkan satu kali proses. Untuk ukuran alat destilasi sebagai berikut:
Tebal bahan : 5 mm
Bahan : Stainless Steel
Sistem : Heating Coil
Dimensi : Ø 1000 mm x 1700 mm.
Kap. 1 kali evaporator : 315.45 kg
2. Luasan top deck yang dapat dipasang solar cell berdasarkan hasil *boundary* adalah 209.98 m². Akan tetapi, di *top deck* terdapat alat navigasi seperti radar, lampu navigasi dan lain sebagainya yang memerlukan akses untuk inspeksi. Maka *solar cell* yang dapat terpasang 70 unit dan dirangkai secara paralel dengan dimensi sebagai berikut:
panjang : 1950 mm
lebar : 990 mm
tebal : 40 mm
Max power (Pmax) : 300 watt
Voltage at Pmax (Vmp) : 36.6 Volt
3. Nilai ekonomis pemanfaatan air laut menjadi air tawar yang diterapkan pada kapal perintis 2000 GT kurang menguntungkan jika menggunakan *solar cell* karena biaya investasi awal Rp 401,625,000.00 tidak kembali selama penggunaan alat destilasi selama 10 tahun dikarenakan air tawar yang dihasilkan dari evaporasi 425.922 liter per hari. Akan tetapi pada saat melakukan perbandingan dengan menggunakan *auxiliary engine* yang ada dikapal sebagai sumber daya, nilai investasi hanya Rp55,500,000. Maka dari nilai investasi menggunakan *auxiliary engine* lebih menguntungkan dibandingkan menggunakan *solar cell* dengan pertimbangan *load factor* dari *auxiliary engine* masih memenuhi, apabila *load factor* tidak memenuhi maka harus menambah *auxiliary engine* untuk mensuplai power evaporator. Oleh sebab itu jika krisis air bersih yang sering terjadi misalnya di Ambon maka sistem destilasi ini akan sangat membantu selama dikapal perintis.

5.2 Saran

Sebelum mendesain evaporator terlebih dahulu membuat prototype dan melakukan praktikum terlebih dahulu. Kemudian Tugas akhir lanjutan dapat menghitung keadaan dari sistem evaporator untuk mengetahui kekuatan dan *life time* alat digunakan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jumineti, Dewi. 2014. Analisa Kinerja Alat Destilasi Penghasil Air Tawar dengan Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya
- [2] Rusminto Tjatur Widodo, Dosen EEPIS-ITS Surabaya dan mahasiswa Program Doktor jurusan Nano Structure and Advanced Materials, Universitas Kagoshima Jepang)
- [3] Walangare. 2013. Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik
- [4] Meinawati, R. 2010. Rancang Bangun Desalinator Air Laut Tipe Evaporasi. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. 50 h.
- [5] Dahuri, R. 2006. Optimalisasi Pengelolaan Sumberdaya Laut, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil secara berkelanjutan. Materi Presentasi pada Konprensi Nasional V Pesisir dan Pulau-Pulau kecil. Batam.
- [6] J. M Smith, Van Ness H.C., Abbott M.M, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics,
- [7] Cammack, R. 2006. Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology. Oxford University Press. New York. 720h.

“Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

AGM VRLA

XP-UPS ULTRA/High Rate Battery

LPX-High Rate/UPS

LPL-Long Life Standby

LPC-Deep Cycle

LPF-Front Terminal

LPS-Solar Power



LP-General Use Series

Terminal And Torque

General Features

1. Using oxygen recombination technology: maintenance-free
2. PbCaSn alloy for plate grids: less gassing, less self-discharging
3. High quality AGM separator: extend cycle life and prevent micro short circuit
4. ABS material: increase the strength of battery container. (Flame-retardant ABS is optional);
5. High purity raw material: ensure low self discharge rate
6. Silver-coated copper terminals (T1, T2 terminal), brass insert terminals and lead terminals improve the electric conductivity

Typical Applications

Small size

1.All purpose	2.Uninterruptable Power Supply (UPS)	3.Electric Power System (EPS)
4.Emergency light	5.Emergency backup power supply	6.Auto control system
7.Aircraft signal	8.Alarm and security system	9.Electronic apparatus and equipment
10.DC power supply	11.Communication power supply	

2V Series

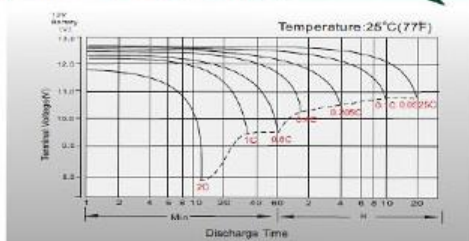
- 1.Tele-communication central station (wired or cellular)
- 2.Power system communication
- 3.Network communication including: data transmission, television signal transmission, etc.
- 4.Uninterruptable Power System (UPS- for Telecom)

Model	Nominal Voltage (V)	Rated Capacity (AH)				Approx Dimension								Approx Weight		Terminal type
		20HR	10HR	5HR	1HR	Length		Width		Height		Total Height				
		1.80 V/cell	1.80 V/cell	1.75 V/cell	1.60 V/cell	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	kg	lbs	
LP6-60	6	62.4	60.0	51.5	36.6	185	7.28	112	4.41	205	8.07	205	8.07	9.10	20.1	T2
LP6-150	6	156	150	129	91.5	260	10.2	180	7.09	247	9.72	253	9.96	21.0	46.7	T7
LP6-200H	6	208	200	172	122	306	12.0	168	6.61	222	8.74	228	8.98	28.0	62.2	T8
LP12-38	12	40.0	38.0	32.7	23.2	197	7.76	165	6.50	170	6.69	170	6.69	12.2	26.9	T6
LP12-40	12	40.0	38.5	33.1	23.5	255	10.0	97	3.82	203	7.99	203	7.99	12.5	27.6	T7
LP12-45	12	46.8	45.0	38.7	27.5	197	7.76	165	6.50	170	6.69	170	6.69	14.2	31.3	T6
LP12-50	12	52.0	50.0	43.0	30.5	257	10.1	132	5.19	200	7.87	200	7.87	15.7	35.3	T6
LP12-55	12	57.2	55.0	47.3	33.6	229	9.02	138	5.43	205	8.07	211	8.31	16.2	35.7	T6
LP12-60	12	62.4	60.0	51.5	36.6	260	10.2	168	6.61	208	8.19	214	8.43	18.4	40.8	T6
LP12-65	12	65.0	62.5	53.8	38.1	348	13.7	167	6.57	178	7.01	178	7.01	19.2	42.3	T6
LP12-70	12	72.8	70.0	60.3	42.7	348	13.7	167	6.57	178	7.01	178	7.01	21.6	47.6	T6
LP12-75	12	78.0	75.0	64.5	45.8	260	10.2	168	6.61	208	8.19	214	8.43	22.3	49.6	T6
LP12-80	12	83.2	80.0	69.0	48.8	260	10.2	168	6.61	208	8.19	214	8.43	23.8	52.9	T6
LP12-90	12	93.6	90	77.5	54.9	330	13.0	173	6.81	212	8.35	220	8.66	27.8	61.7	T11
LP12-100	12	104	100	88.0	63.8	330	13.0	173	6.81	212	8.35	220	8.66	30.6	67.9	T11
LP12-120	12	124.8	120	103.2	73.2	408	16.1	177	6.97	225	8.86	225	8.86	34.0	75.6	T11
LP12-135	12	140.4	135	116.0	82.4	345	13.6	172	6.77	274	10.8	280	11.0	41.2	90.8	T11
LP12-150	12	156	150	129	91.5	485	19.1	170	6.69	238.5	9.39	239	9.40	43.2	95.9	T11
LP12-180	12	187.2	180	155	109.8	532	20.9	207	8.15	214	8.42	220	8.66	53.6	119.1	T11
LP12-200	12	208	200	172	122.0	522	20.6	240	9.45	218	8.58	224	8.82	59.8	132.7	T11
LP12-250	12	260	250	215	152.5	522	20.6	268	10.6	220	8.66	226	8.9	72.5	161	T11

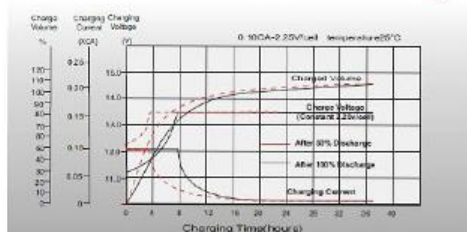
search: 2v 4(AH) | 4v 0.4~20(AH) | 6v 0.5~6(AH) | 6v 7~36(AH) | 12v 0.8~4(AH) | 12v 4~30 | 12v 30~140(AH) | 12v 156~260(AH)

Previous | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Next

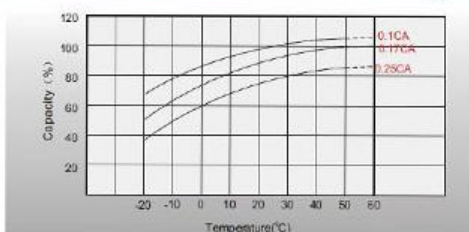
Discharge Characteristics



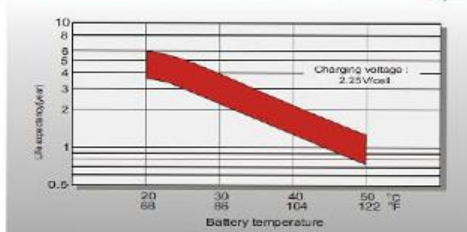
Float Charging Characteristics



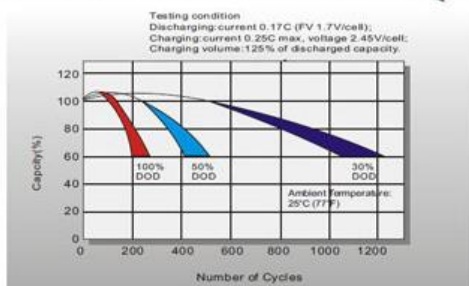
Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



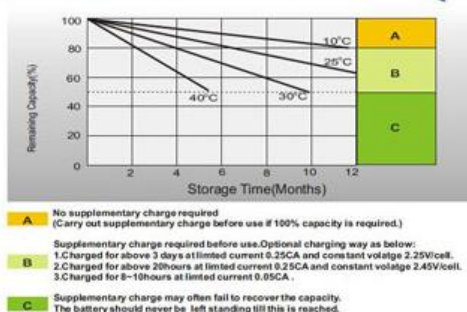
Effect of Temperature on Long Term Float Life



Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



Self Discharge Characteristics



EXIDE TECHNOLOGIES

Exide technologies merupakan salah satu produsen battery terbesar di dunia, dengan 4 Brand andalah untuk jenis VRLA Battery (3 Brand dengan AGM Technology dan 1 Brand dengan Gel technology), yaitu :

A. AGM TECHNOLOGY :

1. ABSOLYTE GP

Design Life Time	: 20 Tahun
Voltage	: 2 Volt (Single Cell) 1 Modul = 6 Volt / 12 Volt
Capacity	: 104 AH ~ 4800 AH
Cycles	: 1500 cycles

2. MARATHON

Design Life Time	: 12 Tahun
MARATHON M	: 6 Volt, 12 Volt : 30 AH ~ 550 AH
MARATHON L	: 2 Volt, 6 Volt, 12 Volt : 14 AH ~ 575 AH

3. SPRINTER

SPRINTER S	: 8 ~ 10 Tahun : 6Volt, 12 Volt : 30 AH ~ 190 AH
SPRINTER P	: Up to 10 Tahun : 6 Volt, 12 Volt : 21 AH ~ 178 AH

1. Spesifikasi Mesin Boiler BLR - K 1500 L :

Tebal Platezer	: 3,8 mm.
Bahan (Material)	: Stainless Steel Anti Karat.
Safety Valve	: 3/4 inch (2 Buah).
Pengukur Tekanan	: 1 Buah.
Dimensi Mesin	: Ø 1000 mm x 12000 mm.
Kapasitas	: 1500 Liter.
Energi Yang Digunakan	: Bio Massa.
Pemanas	: Kompor (Bio Massa).
Gelas Dan Kran Penduga.	

2. Spesifikasi Mesin Boiler BLR - K 1000 L :

Tebal Platezer	: 4 mm.
Bahan (Material)	: Stainless Steel Anti Karat.
Safety Valve	: 3/4 inch (2 Buah).
Pengukur Tekanan	: 1 Buah.
Dimensi Mesin	: Ø 1000 mm x 1100 mm.
Kapasitas	: 1000 Liter.
Energi Yang Digunakan	: Bio Massa / Gas.
Pemanas	: Kompor (Bio Massa / Gas).
Gelas Dan Kran Penduga.	

3. Spesifikasi Mesin Boiler BLR - K 200 L :

Tebal Platezer	: 4 mm.
Bahan (Material)	: Stainless Steel Anti Karat.
Safety Valve	: 3/4 inch (2 Buah).
Pengukur Tekanan	: 1 Buah.
Dimensi Mesin	: Ø 500 mm x 1000 mm.
Kapasitas	: 200 Liter.
Energi Yang Digunakan	: Bio Massa / Gas.
Pemanas	: Kompor (Bio Massa / Gas).
Gelas Dan Kran Penduga.	



Solar Panel 300Wp Monocrystalline

Electrical Characteristics

MSP-300W

Maximum power (Pmax)	: 300W
Voltage at Pmax (Vmp)	: 36.6V
Current at Pmax (Imp)	: 8.21A
Open-circuit voltage (Voc)	: 44.8V
Short-circuit current (Isc)	: 8.88A
Temperature coefficient of Voc	: $-(0.40 \pm 0.05)\% / ^\circ\text{C}$
Temperature coefficient of Isc	: $(0.065 \pm 0.01)\% / ^\circ\text{C}$
Temperature coefficient of power	: $-(0.5 \pm 0.05)\% / ^\circ\text{C}$
NOCT (Air 20°C; Sun 0.8kW/m ² wind 1m/s)	: 47±2°C
Operating temperature	: -40°C to 85°C
Maximum system voltage	: 600V DC
Power tolerance	: 3%
Cells	: monocrystalline silicon solar cell
No. of cells and connections	: 72(6X12)
Module Dimension	: 1950mm[76.77in.]x990mm[38.98in.]x40mm[1.58in.]
Weight	: 20.8kg[45.76lbs]

* STC:Irradiance 1000W/m², AM1.5 spectrum, module temperature 25°C

* Specifications are subject to change without notice at any time.



- Tipe : DST-50 S
- Merek : Agrowindo
- Kapasitas : 50 kg/proses
- Tabung reaktan : Stainless Steel 304 Food Grade, 3 mm
- Bahan bakar : LPG (bisa dimodifikasi minyak tanah, kayu bakar)
- Dimensi : Panggung : 180 cm x 180 cm x 100 cm
- Tabung : Ø 75 cm dengan tinggi 133 cm
- Keranjang : Ø 70 cm dengan tinggi 100 cm
- Kondensor : Ø 40 cm dengan tinggi 100 cm
- Listrik : 125 watt
- Diproduksi : PT Agrowindo Sukses Abadi

Model	Description	Color	Net Weight(kg)	Gross Weight(kg)	Dimensions(mm)
SHB-III/180/220/50	Vacuum Pump	3	11	13.5	440×190×105



Email: cckgm1@zzgwsit.com.cn Skype: Audrey19860615

220 V/60Hz Air Jet Aliran Sirkulasi Pompa Vakum untuk Kristalisasi/Proses Distilasi

Harga Fob: US \$ 1-382 / Set | [Get Latest Price](#)

Pelabuhan: Tianjin,Dalian,Shanghai,etc.

Jumlah Pesanan Minimum: 1 Set/set

Kemampuan Suplai: 1000 Set/set per Bulan

Waktu Pengiriman: dalam waktu 7 hari

Ketentuan Pembayaran: L/C,T/T,Western Union

[Hubungi Sekarang](#)

[Mulai Order](#)

Jaminan Perdagangan

100% perlindungan kualitas produk 100% On-time perlindungan pengiriman

100% perlindungan Pembayaran

VISA  TT e-Checking

Rincian Produk

[Report Suspicious Activity](#)

Rincian Cepat

Struktur:	air jet aliran pompa vakum	Tempat asal:	China (Mainland)	Aplikasi:	Supply kondisi vakum
Nama merek:	Zhengzhou Great Wall	Nomor model:	SHB-IIIIG	Teori:	Pompa vakum
Standar atau tidak standar:	Standar	Bahan bakar:	air	Tekanan:	tekanan normal
Penggunaan:	Air	Daya:	Listrik	model:	SHB-IIIIG
daya (W):	180	power supply (V/Hz):	220/50	arus (L/min):	80
max. tingkat vakum (MPa):	0.098 (20 mbar)	amout air menyedot (L/min):	20	bahan dari Tangki Air:	PP
kapasitas tangki air (L):	15	lift (m):	10	fungsi keselamatan:	katup

parameter SHB-IIIIG:

Model	SHB-IIIIG
daya(W)	180
Power supply(V/Hz)	220/50 atau 220/60 Opsional
aliran(L/min)	80
angkat(m)	10
MaximumVacuumDegree(MPa)	0.098
tunggal Tap Air Menyedot Jumlah(L/min)	10
tunggal Tap Air Menyedot Jumlah(A)	2
fungsi keselamatan	katup
kapasitas tangki penyimpanan air(L)	15
bahan dari Tangki Air	PP
dimensi(mm)	385L×280W×420H
berat(kg)	11

- Berikut adalah salah satu detail perhitungan dengan suhu T_2 50°C :

Tabel 4.5 Perhitungan Komponen Aliran Feed (F)

Komponen	Massa Total (Kg)	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Berat Molekul (Kg/Kgmol)	n_i (Kgmol)
H ₂ O	315.45	0.965	304.409	18	16.912
NaCl		0.035	11.041	58.44	0.189

Tabel 4.6 Perhitungan Kapasitas Panas Komponen (C_p) Aliran Feed (F)

Komponen	A	B	C	D	C_p	$C_p \cdot n_i$
H ₂ O	3.47	0.0015	0	12100	178.199	3013.64
NaCl	5.526	0.002	0	0	46.367	8.76
$\sum C_p \cdot n_i$						3022.4

Tabel 4.7 Perhitungan Komponen Aliran Distilat (D)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	C_p
H ₂ O	D	0.995	0,995D	18	129.841
NaCl		0.005	0,005D	58.44	46.474

Tabel 4.8 Perhitungan Komponen Aliran Bottom (B)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	C_p
H ₂ O	B	0.96	0,96B	18	109.781
NaCl		0.04	0,04B	58.44	46.555

Dengan suhu Feed (F) = 27° C = 300.15 K

Distilat (D) = 40° C = 313.15 K

Bottom (B) = 50° C = 323.15 K

$$F \cdot \Delta H_F = B \cdot \Delta H_B + D \cdot \Delta H_D + Q_{kondensor}$$

$$F \cdot n_i C_{p_i} \cdot (\Delta T) = (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot B + (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot D + (m \cdot c \cdot \Delta T)$$

$$\begin{aligned}
& 315.45 \cdot 3022.4 \cdot (298.15 - 300.15) = \\
& \left(\left(\frac{0.96B}{18} \cdot 109.781 \cdot (323.15 - 298.15) \right) \cdot B + \right. \\
& \left. \left(\frac{0.04B}{58.44} \cdot 46.555 \cdot (323.15 - 298.15) \right) \cdot B \right) + \\
& \left(\left(\frac{0.995D}{18} \cdot 129.841 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D + \right. \\
& \left. \left(\frac{0.005D}{58.44} \cdot 46.474 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D \right) + (315.45 \cdot 3900 \cdot (40 - 27)) \\
& - 190683216 = (146.375B^2 + 0.797B^2) + \\
& \quad (107.66D^2 + 0.0596D^2) + 15993315 \\
& - 17900147.16 = 147.172B^2 + 107.719D^2 \quad \dots\dots(2)
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (1), maka

$$D = 315.45 - B$$

$$D^2 = 99508.7025 + B^2 - 2 \cdot 315.45 \cdot B$$

$$D^2 = 99508.7025 + B^2 - 630.9B \quad \dots\dots(3)$$

Selanjutnya persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2) sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$-17900147.16 = 147.172B^2 + 107.719 \cdot (99508.7025 + B^2 - 630.9B)$$

$$-17900147.16 = 147.172B^2 + 10718977.92 +$$

$$107.719B^2 - 67959.917B$$

$$-28619125.08 = 147.172B^2 + 107.719B^2 - 67959.917B$$

$$-28619125.08 = 254.891B^2 - 67959.917B$$

$$0 = 254.891B^2 - 67959.917B + 28619125.08$$

$$0 = (B - 440.732)(B - 174.11)$$

$$B = 440.732 \cup B = 174.11$$

Maka aliran bottom yang dihasilkan adalah 174.11 kg dan berdasarkan persamaan

(1)

$$D = 315.45 - 174.11$$

$$D = 141.34 \text{ kg}$$

Sehingga volume fresh water yang dihasilkan adalah 141.34 liter dalam satu kali operasi dan hasil fresh water yang didapatkan pada suhu operasi 50°C adalah

$$\begin{aligned}\% \text{ efisiensi} &= \frac{141.34}{315.45} \cdot 100\% \\ &= 44.81\%\end{aligned}$$

- Berikut adalah salah satu detail perhitungan dengan suhu T_2 60°C :

Tabel 4.5 Perhitungan Komponen Aliran Feed (F)

Komponen	Massa Total (Kg)	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Berat Molekul (Kg/Kgmol)	n_i (Kgmol)
H ₂ O	315.45	0.965	304.409	18	16.912
NaCl		0.035	11.041	58.44	0.189

Tabel 4.6 Perhitungan Kapasitas Panas Komponen (C_p) Aliran Feed (F)

Komponen	A	B	C	D	C_p	$C_p \cdot n_i$
H ₂ O	3.47	0.0015	0	12100	178.199	3013.64
NaCl	5.526	0.002	0	0	46.367	8.76
$\Sigma C_p \cdot n_i$						3022.4

Tabel 4.7 Perhitungan Komponen Aliran Distilat (D)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	C_p
H ₂ O	D	0.995	0,995D	18	129.841
NaCl		0.005	0,005D	58.44	46.474

Tabel 4.8 Perhitungan Komponen Aliran Bottom (B)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	C_p
H ₂ O	B	0.96	0,96B	18	86.908
NaCl		0.04	0,04B	58.44	46.718

Dengan suhu Feed (F) = 27°C = 300.15 K

Distilat (D) = 40°C = 313.15 K

Bottom (B) = 60°C = 333.15 K

$$\begin{aligned}
F \cdot \Delta H_F &= B \cdot \Delta H_B + D \cdot \Delta H_D + Q_{kondensor} \\
F \cdot n_i C_{p_i} \cdot (\Delta T) &= (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot B + (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot D + (m \cdot c \cdot \Delta T) \\
315.45 \cdot 3022.4 \cdot (298.15 - 300.15) &= \\
\left(\left(\frac{0.96B}{18} \cdot 96.428 \cdot (333.15 - 298.15) \right) \cdot B + \right. &+ \\
\left. \left(\frac{0.04B}{58.44} \cdot 46.637 \cdot (333.15 - 298.15) \right) \cdot B \right) &+ \\
\left(\left(\frac{0.995D}{18} \cdot 129.841 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D + \right. &+ (315.45 \cdot 3900 \cdot (40 - 27)) \\
\left. \left(\frac{0.005D}{58.44} \cdot 46.474 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D \right) & \\
-190683216 &= (179.999B^2 + 1.117B^2) + \\
& (107.66D^2 + 0.0596D^2) + 15993315 \\
-17900147.16 &= 181.117B^2 + 107.719D^2 \quad \text{.....(2)}
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (1), maka

$$D = 315.45 - B$$

$$D^2 = 99508.7025 + B^2 - 2 \cdot 315.45 \cdot B$$

$$D^2 = 99508.7025 + B^2 - 630.9B \quad \text{.....(3)}$$

Selanjutnya persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2) sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$-17900147.16 = 181.117B^2 + 107.719 \cdot (99508.7025 + B^2 - 630.9B)$$

$$-17900147.16 = 181.117B^2 + 10718977.92 +$$

$$107.719B^2 - 67959.917B$$

$$-2861912508 = 288.836B^2 + 107.719B^2 - 67959.917B$$

$$-2861912508 = 288.836B^2 - 67959.917B$$

$$0 = 288.836B^2 - 67959.917B + 2861912508$$

$$0 = (B - 409.609)(B - 174.321)$$

$$B = 409.609 \cup B = 174.321$$

(1) Maka aliran bottom yang dihasilkan adalah 174.321 kg dan berdasarkan persamaan

$$D = 315.45 - 174.321$$

$$D = 141.129 \text{ kg}$$

Sehingga volume fresh water yang dihasilkan adalah 141.129 liter dalam satu kali operasi dan hasil fresh water yang didapatkan pada suhu operasi 60°C adalah

$$\begin{aligned} \% \text{ efisiensi} &= \frac{141.129}{315.45} \cdot 100\% \\ &= 44.74\% \end{aligned}$$

- Berikut adalah salah satu detail perhitungan dengan suhu T_2 70°C :

Tabel 4.5 Perhitungan Komponen Aliran Feed (F)

Komponen	Massa Total (Kg)	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Berat Molekul (Kg/Kgmol)	n_i (Kgmol)
H ₂ O	315.45	0.965	304.409	18	16.912
NaCl		0.035	11.041	58.44	0.189

Tabel 4.6 Perhitungan Kapasitas Panas Komponen ($C_{p,i}$) Aliran Feed (F)

Komponen	A	B	C	D	C_p	$C_p \cdot n_i$
H ₂ O	3.47	0.0015	0	12100	178.199	3013.64
NaCl	5.526	0.002	0	0	46.367	8.76
$\sum C_p \cdot n_i$						3022.4

Tabel 4.7 Perhitungan Komponen Aliran Distilat (D)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	Cp
H ₂ O	D	0.995	0,995D	18	129.841
NaCl		0.005	0,005D	58.44	46.474

Tabel 4.8 Perhitungan Komponen Aliran Bottom (B)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	Cp
H ₂ O	B	0.96	0,96B	18	86.908
NaCl		0.04	0,04B	58.44	46.718

Dengan suhu Feed (F) = 27° C = 300.15 K

Distilat (D) = 40° C = 313.15 K

Bottom (B) = 70° C = 343.15 K

$$\begin{aligned}
 F \cdot \Delta H_F &= B \cdot \Delta H_B + D \cdot \Delta H_D + Q_{kondensor} \\
 F \cdot n_i C_{p_i} \cdot (\Delta T) &= (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot B + (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot D + (m \cdot c \cdot \Delta T) \\
 315.45 \cdot 3022.4 \cdot (298.15 - 300.15) &= \\
 \left(\left(\frac{0.96B}{18} \cdot 86.908 \cdot (343.15 - 298.15) \right) \cdot B + \right. &+ \\
 \left. \left(\frac{0.04B}{58.44} \cdot 46.718 \cdot (343.15 - 298.15) \right) \cdot B \right) &+ \\
 \left(\left(\frac{0.995D}{18} \cdot 129.841 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D + \right. &+ (315.45 \cdot 3900 \cdot (40 - 27)) \\
 \left. \left(\frac{0.005D}{58.44} \cdot 46.474 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D \right) & \\
 -190683216 &= \left(208.578B^2 + 1.439B^2 \right) + \\
 \left(107.66D^2 + 0.0596D^2 \right) &+ 15993315 \\
 -17900147.16 &= 210.017B^2 + 107.719D^2 \quad \text{.....(2)}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (1), maka

$$D = 315.45 - B$$

$$D^2 = 99508.7025 + B^2 - 2 \cdot 315.45 \cdot B$$

$$D^2 = 99508.7025 + B^2 - 630.9B \quad \text{.....(3)}$$

Selanjutnya persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2) sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$-17900147.16 = 210.017B^2 + 107.719 \cdot (99508.7025 + B^2 - 630.9B)$$

$$-17900147.16 = 210.017B^2 + 10718977.92 +$$

$$107.719B^2 - 67959.917B$$

$$-28619125.08 = 210.017B^2 + 107.719B^2 - 67959.917B$$

$$-28619125.08 = 317.736B^2 - 67959.917B$$

$$0 = 317.736B^2 - 67959.917B + 28619125.08$$

$$0 = (B - 387.362)(B - 173.476)$$

$$B = 387.362 \cup B = 173.476$$

Maka aliran bottom yang dihasilkan adalah 173.476 kg dan berdasarkan persamaan (1)

$$D = 315.45 - 173.476$$

$$D = 141.974 \text{ kg}$$

Sehingga volume fresh water yang dihasilkan adalah 141.974 liter dalam satu kali operasi dan hasil fresh water yang didapatkan pada suhu operasi 70°C adalah

$$\begin{aligned} \% \text{ efisiensi} &= \frac{141.974}{315.45} \cdot 100\% \\ &= 45.01\% \end{aligned}$$

- Berikut adalah salah satu detail perhitungan dengan suhu T_2 80°C :

Tabel 4.5 Perhitungan Komponen Aliran Feed (F)

Komponen	Massa Total (Kg)	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Berat Molekul (Kg/Kgmol)	n_i (Kgmol)
H ₂ O	315.45	0.965	304.409	18	16.912
NaCl		0.035	11.041	58.44	0.189

Tabel 4.6 Perhitungan Kapasitas Panas Komponen (C_{p_i}) Aliran Feed (F)

Komponen	A	B	C	D	C_p	$C_{p \cdot n_i}$
H ₂ O	3.47	0.0015	0	12100	178.199	3013.64
NaCl	5.526	0.002	0	0	46.367	8.76
$\sum C_{p \cdot n_i}$						3022.4

Tabel 4.7 Perhitungan Komponen Aliran Distilat (D)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	C_p
H ₂ O	D	0.995	0,995D	18	129.841
NaCl		0.005	0,005D	58.44	46.474

Tabel 4.8 Perhitungan Komponen Aliran Bottom (B)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	C_p
H ₂ O	B	0.96	0,96B	18	86.908
NaCl		0.04	0,04B	58.44	46.718

Dengan suhu Feed (F) = 27° C = 300.15 K

Distilat (D) = 40° C = 313.15 K

Bottom (B) = 80° C = 353.15 K

$$F \cdot \Delta H_F = B \cdot \Delta H_B + D \cdot \Delta H_D + Q_{kondensor}$$

$$F \cdot n_i C_{p_i} \cdot (\Delta T) = (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot B + (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot D + (m \cdot c \cdot \Delta T)$$

$$315.45 \cdot 3022.4 \cdot (298.15 - 300.15) =$$

$$\left(\left(\frac{0.96B}{18} \cdot 79.782 \cdot (353.15 - 298.15) \right) \cdot B + \left(\frac{0.04B}{58.44} \cdot 46.800 \cdot (353.15 - 298.15) \right) \cdot B \right) +$$

$$\left(\left(\frac{0.995D}{18} \cdot 129.841 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D + \left(\frac{0.005D}{58.44} \cdot 46.474 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D \right) + (315.45 \cdot 3900 \cdot (40 - 27))$$

$$\begin{aligned}
 -190683216 &= \left(234.028B^2 + 1.762B^2 \right) + \\
 &\quad \left(107.66D^2 + 0.0596D^2 \right) + 15993315 \\
 -17900147.16 &= 235.79B^2 + 107.719D^2 \quad \dots\dots(2)
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (1), maka
 $D = 315.45 - B$

$$\begin{aligned}
 D^2 &= 99508.7025 + B^2 - 2 \cdot 315.45 \cdot B \\
 D^2 &= 99508.7025 + B^2 - 630.9B \quad \dots\dots(3)
 \end{aligned}$$

Selanjutnya persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2) sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$\begin{aligned}
 -17900147.16 &= 235.79B^2 + 107.719 \cdot (99508.7025 + B^2 - 630.9B) \\
 -17900147.16 &= 235.79B^2 + 10718977.92 + \\
 &\quad 107.719B^2 - 67959.917B \\
 -28619125.08 &= 235.79B^2 + 107.719B^2 - 67959.917B \\
 -28619125.08 &= 343.509B^2 - 67959.917B \\
 0 &= 343.509B^2 - 67959.917B + 28619125.08 \\
 0 &= (B - 370.082)(B - 172.242) \\
 B &= 370.082 \cup B = 172.242
 \end{aligned}$$

Maka aliran bottom yang dihasilkan adalah 172.242 kg dan berdasarkan persamaan (1)

$$\begin{aligned}
 D &= 315.45 - 172.242 \\
 D &= 143.208 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga volume fresh water yang dihasilkan adalah 143.208 liter dalam satu kali operasi dan hasil fresh water yang didapatkan pada suhu operasi 80°C adalah

$$\begin{aligned}
 \% \text{ efisiensi} &= \frac{142.393}{315.45} \cdot 100\% \\
 &= 45.40\%
 \end{aligned}$$

- Berikut adalah salah satu detail perhitungan dengan suhu T_2 90°C :

Tabel 4.5 Perhitungan Komponen Aliran Feed (F)

Komponen	Massa Total (Kg)	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Berat Molekul (Kg/Kgmol)	n_i (Kgmol)
H ₂ O	315.45	0.965	304.409	18	16.912
NaCl		0.035	11.041	58.44	0.189

Tabel 4.6 Perhitungan Kapasitas Panas Komponen (C_{p_i}) Aliran Feed (F)

Komponen	A	B	C	D	C_p	$C_{p \cdot n_i}$
H ₂ O	3.47	0.0015	0	12100	178.199	3013.64
NaCl	5.526	0.002	0	0	46.367	8.76
$\sum C_{p \cdot n_i}$						3022.4

Tabel 4.7 Perhitungan Komponen Aliran Distilat (D)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	C_p
H ₂ O	D	0.995	0,995D	18	129.841
NaCl		0.005	0,005D	58.44	46.474

Tabel 4.8 Perhitungan Komponen Aliran Bottom (B)

Komponen	Total Massa	% Massa	Massa	Berat Molekul	C_p
H ₂ O	B	0.96	0,96B	18	86.908
NaCl		0.04	0,04B	58.44	46.718

Dengan suhu Feed (F) = 27° C = 300.15 K

Distilat (D) = 40° C = 313.15 K

Bottom (B) = 90° C = 363.15 K

$$F \cdot \Delta H_F = B \cdot \Delta H_B + D \cdot \Delta H_D + Q_{kondensor}$$

$$F \cdot n_i C_{p_i} \cdot (\Delta T) = (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot B + (n_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T) \cdot D + (m \cdot c \cdot \Delta T)$$

$$\begin{aligned}
& 315.45 \cdot 3022.4 \cdot (298.15 - 300.15) = \\
& \left(\left(\frac{0.96B}{18} \cdot 74.254 \cdot (363.15 - 298.15) \right) \cdot B + \right. \\
& \left. \left(\frac{0.04B}{58.44} \cdot 46.882 \cdot (363.15 - 298.15) \right) \cdot B \right) + \\
& \left(\left(\frac{0.995D}{18} \cdot 129.841 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D + \right. \\
& \left. \left(\frac{0.005D}{58.44} \cdot 46.474 \cdot (313.15 - 298.15) \right) \cdot D \right) + (315.45 \cdot 3900 \cdot (40 - 27)) \\
& - 190683216 = \left(257.412B^2 + 2.086B^2 \right) + \\
& \quad \left(107.66D^2 + 0.0596D^2 \right) + 15993315 \\
& - 17900147.16 = 259.498B^2 + 107.719D^2 \quad \dots\dots(2)
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (1), maka

$$D = 315.45 - B$$

$$D^2 = 99508.7025 + B^2 - 2 \cdot 315.45 \cdot B$$

$$D^2 = 99508.7025 + B^2 - 630.9B \quad \dots\dots(3)$$

Selanjutnya persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2) sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$-17900147.16 = 259.498B^2 + 107.719 \cdot (99508.7025 + B^2 - 630.9B)$$

$$-17900147.16 = 259.498B^2 + 10718977.92 +$$

$$107.719B^2 - 67959.917B$$

$$-28619125.08 = 259.498B^2 + 107.719B^2 - 67959.917B$$

$$-28619125.08 = 367.217B^2 - 67959.917B$$

$$0 = 367.217B^2 - 67959.917B + 28619125.08$$

$$0 = (B - 355.921)(B - 170.853)$$

$$B = 355.921 \cup B = 170.853$$

Maka aliran bottom yang dihasilkan adalah 170.853 kg dan berdasarkan persamaan

(1)

$$D = 315.45 - 170.853$$

$$D = 144.597 \text{ kg}$$

Sehingga volume fresh water yang dihasilkan adalah 142.393 liter dalam satu kali operasi dan hasil fresh water yang didapatkan pada suhu operasi 70°C adalah

$$\begin{aligned}\% \text{ efisiensi} &= \frac{144.597}{315,45} \cdot 100\% \\ &= 45.838\%\end{aligned}$$

BIODATA PENULIS



Penulis, **Muhammad Sofyan Setiawan** lahir di Banyuwangi pada tanggal 14 Juni 1993. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis, memulai pendidikan formal yaitu di SDN II Kepatihan Banyuwangi, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 1 Banyuwangi dan melanjutkan jenjang Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Glagah Banyuwangi, penulis diterima di Progam Studi Diploma III Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya melalui program UMPN dan terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal dengan NRP. 6112030059. Setelah lulus dari Diploma III penulis memilih untuk melanjutkan kuliah di tahap Strata 1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang terdaftar sebagai mahasiswa Lintas Jalur Angkatan 2015 Semester Gasal dengan NRP. 4215105004 .

Muhammad Sofyan Setiawan

m.sofya31@yahoo.com